تطبيق
التعلم التفاعلى

الكيمياء

إعداد
صابر حكيم

كتاب الشرح

الجزء الأول
الكيمياء غير العضوية
من الباب 1 إلى الباب 4



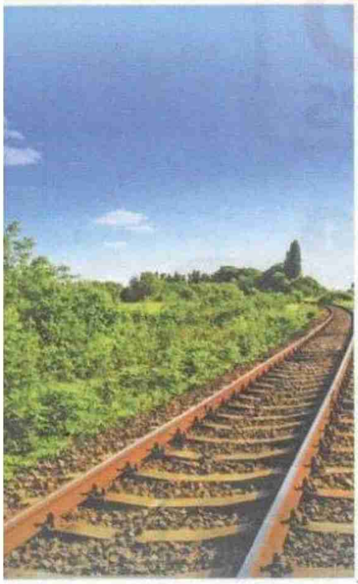
2025

الصف 3 الثانوى

الامتحان®

محتويات الكتاب

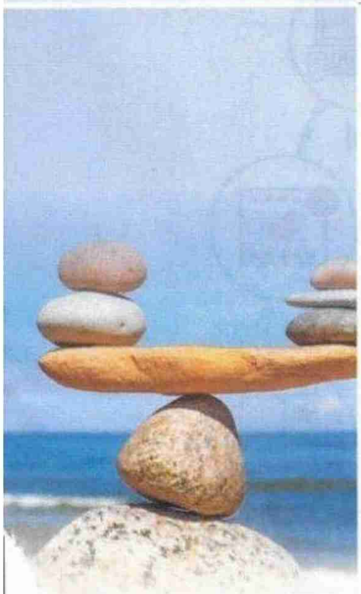
الجزء الأول | الكيمياء غير العضوية



الباب 1 العناصر الانتقالية



الباب 2 التحليل الكيميائى



الباب 3 الاتزان الكيميائى

الباب 4

الكيميــاء الكهربيــة

الدرس		
الدرس الأول	من	بدايــة البــاب.
	إلى	ما قبل الخلايا الجلفانية وإنتاج الطاقة الكهربية.
الدرس الثانى	من	الخلايا الجلفانية وإنتاج الطاقة الكهربية.
	إلى	ما قبـــل تـآكـــل المـعــــادن.
الدرس الثالث	من	تآكـــل المعــــادن.
	إلى	ما قبل الخلايا الإلكتروليتية.
الدرس الرابع	من	الخلايا الإلكتروليتيـة.
	إلى	ما قبل تطبيقات على التحليل الكهربى.
الدرس الخامس	من	تطبيقات على التحليل الكهربى.
	إلى	نهاية البــــاب.



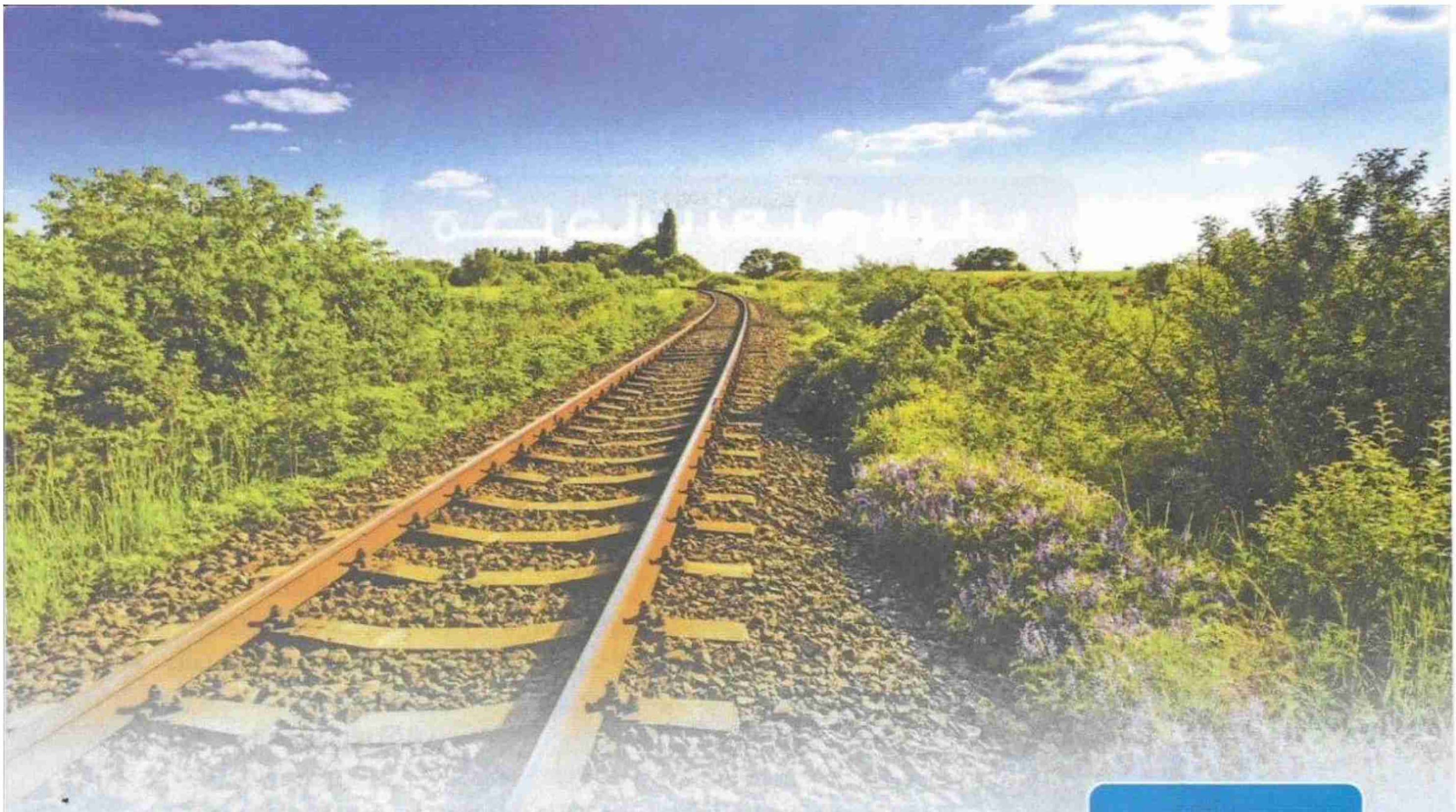
الجـزء الثانى | الكيميــاء العضـوية

الباب 5

الكيميــاء العضـوية



الدرس		
الـــدرس الأول	من	بدايــة البــــاب.
	إلى	ما قبل الألكـــانات.
الدرس الثـانـى		الألكانـات.
الدرس الثـالـث		الميثـــان.
الدرس الرابـــع		الألكينات (الأوليفينات).
الدرس الخامس		الألكاينات (الأسيتيلينات).
الدرس السادس		الهيدروكربونات الحلقية.
الدرس الســابع		البنـزيــن العطـــرى.
الدرس الثـــامن		مشتقات الهيدروكربونات.
الدرس التاســع		الإيثانـــول.
الدرس العاشـــر		الفينـــولات.
الدرس الحادى عشر		الأحمـاض الكربوكسيليـة.
الدرس الثانى عشر		الإستـــرات.



الباب 1

العناصر الانتقالية

الدرس الأول
من بدايـــة البـــاب.
إلى ما قبل الخصائص العامة لعناصر السلسلة الانتقالية الأولى.

الدرس الثانى
من الخصائص العامة لعناصر السلسلة الانتقالية الأولى.
إلى ما قبـل فلـز الحـديد.

الدرس الثالث
من فلـــز الحـديـــد.
إلى ما قبل خواص الحديـد.

الدرس الرابع
من خواص الحديـد.
إلى نهاية البـــاب.

CREATORS TEAM

3 SECONDARY

عباقرة تالتة ثانوي 202

ضوًا, 3,846 متصلا

معلومات

بنهين دفعة تالتة ثانوي انها تدخل الامتحان وتقفله مهما كانت القرارات بتنزيل اهم الملخصات والاسئلة والتحفيز....
المزيد

t.me/taneasnawe

رابط الدعوة

الإشعارات

معطّلة

دا جروب العباقرة الاساسي لينا وبس♡

للمزيد من الكتب والملخصات والتحفيز♡

CREATORS TEAM

@TANEASNAWE

الباب 1 تمهيدى الدرس الأول

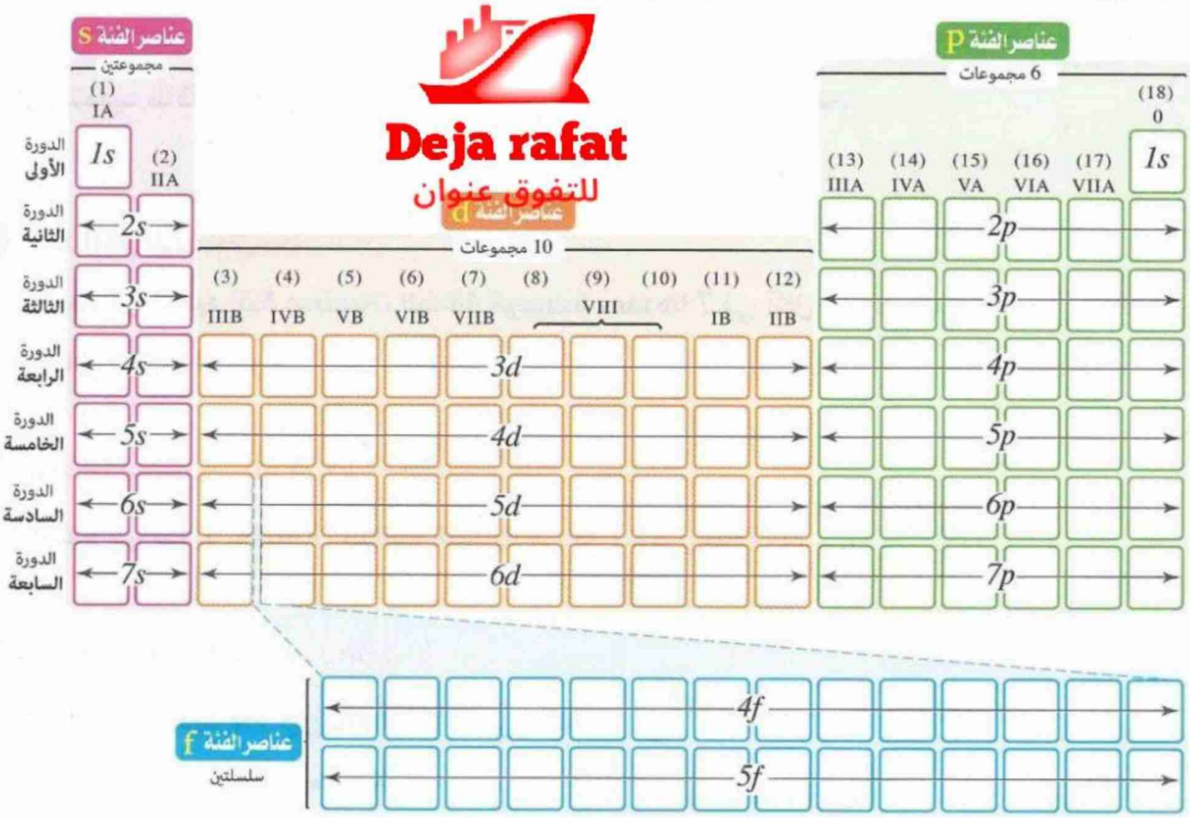
الجدول الدورى الحديث

- **يتكون الجدول الدورى الحديث (الطويل) من :**
  - 7 دورات أفقية.
  - 18 مجموعة رأسية.
- **يقسم الجدول الدورى الحديث إلى**

أربع فئات رئيسية، هى : ١ الفئة s ٢ الفئة p ٣ الفئة d ٤ الفئة f

- **ترتب العناصر فى الجدول الدورى الحديث تصاعديًا، حسب :**
  - أعدادهـــا الذرية.
  - طريقة ملء مستويات الطاقة الفرعية بالإلكترونات تبعًا لمبدأ البناء التصاعدى.

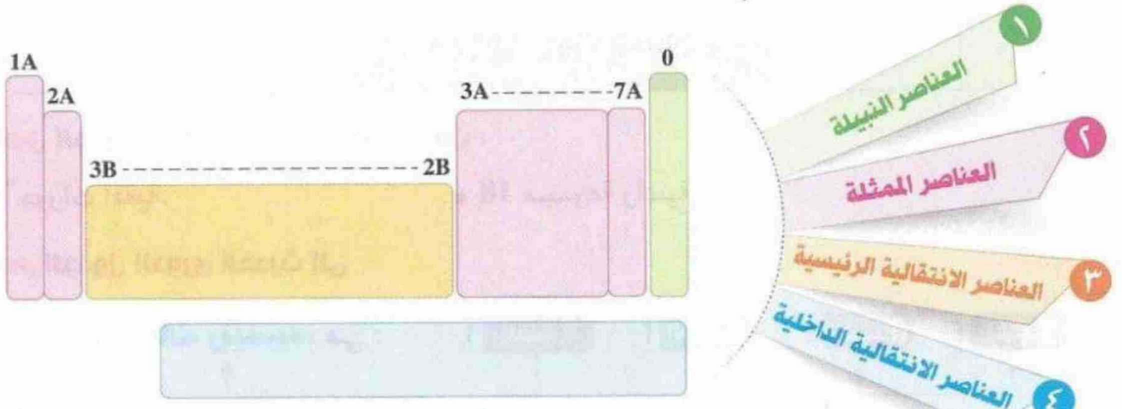
بحيث يزيد كل عنصر عن العنصر الذى يسبقه فى نفس الدورة بإلكترون واحد.



فئات الجدول الدورى الحديث

- **تبدأ كل دورة** بملء مستوى طاقة رئيسى جديد بالإلكترونات، ويتتابع ملء مستويات الطاقة الفرعية التى يتكون منها مستوى الطاقة الرئيسى حتى نصل إلى العنصر الأخير (الغاز الخامل) فى هذه الدورة والذى تكون جميع مستويات الطاقة فيه تامة الامتلاء بالإلكترونات.

◆ تصنف عناصر الجدول الدورى الحديث إلى **أربعة أنواع**، وهى :



أنواع عناصر الجدول الدورى

أعداد الكم

◆ يلزم لتحديد طاقة الإلكترون فى الذرة معرفة أعداد الكم الأربعة التى تصفه،

وهى :

١ عدد الكم الرئيسى (n) :

◆ **يستخدم فى تحديد رتبة مستويات الطاقة الرئيسية «عددها 7** فى أثقل الذرات المعروفة وهى فى الحالة المستقرة».

٢ عدد الكم الثانوى (l) :

◆ **يستخدم فى تحديد مستويات الطاقة الفرعية** فى كل مستوى طاقة رئيسى.

٣ عدد الكم المغناطيسى (m_l) :

◆ **يستخدم فى تحديد عدد أوربيتالات** كل مستوى طاقة فرعى.

◆ لا يتسع أى أوربيتال لأكثر من $2e^-$

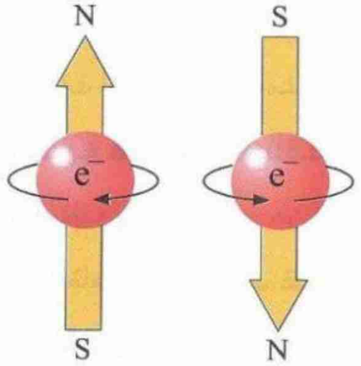
المستوى الفرعى	s	p	d	f
عدد الأوربيتالات	1	3	5	7
السعة الإلكترونية	2	6	10	14

٤ عدد الكم المغزلى (m_s) :

◂ **يستخدم فى تحديد نوعية حركة الإلكترون** حول محوره فى الأوربيتال (الحركة المغزلية للإلكترون)،

سواء كان :

- **مع اتجاه** حركة عقارب الساعة (↑).
- **ضد اتجاه** حركة عقارب الساعة (↓).



الحركة المغزلية لإلكترونى الأوربيتال الواحد

◂ **ينشأ عن** دوران (غزل) الإلكترون حول محوره فى اتجاه معين مجال مغناطيسى يتجاذب مع المجال المغناطيسى الخارجى.

◂ **يوجد للأوربيتال الواحد ثلاثة احتمالات مختلفة** كما يتضح فيما يلى :

□	↑	⇅
أوربيتال فارغ	أوربيتال نصف ممتلئ ، يحتوى على إلكترون واحد	أوربيتال تام الامتلاء ، يحتوى على إلكترونين، فى حالة ازدواج (غزل معاكس)

قواعد توزيع الإلكترونات

هناك ثلاث قواعد يتم على أساسها التوزيع الإلكترونى فى الذرة، يهمنا منها تذكر :

١ مبدأ البناء التصاعدى

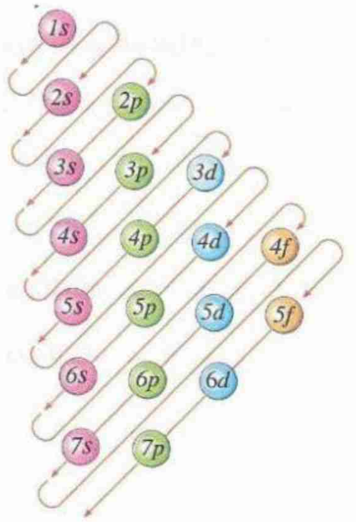
٢ قاعدة هوند

١ مبدأ البناء التصاعدى

★ ينص مبدأ البناء التصاعدى على أنه لابد للإلكترونات أن تملأ مستويات الطاقة الفرعية ذات الطاقة المنخفضة أولًا، ثم المستويات الفرعية ذات الطاقة الأعلى.

- ترتب مستويات الطاقة الفرعية تصاعديًا تبعًا للطاقة، **كالتالى :**

$$1s < 2s < 2p < 3s < 3p < 4s < 3d < 4p < 5s \ ......$$



طريقة مبسطة لملء مستويات الطاقة الفرعية وذلك تبعًا لاتجاه الأسهم

- وحيث أن ذرات الغازات الخاملة تتميز **باكتمال جميع مستويات الطاقة فيها** بالإلكترونات فإنه يمكن التعبير عن التوزيع الإلكترونى للعناصر تبعًا **لأقرب غاز خامل** يسبقها فى الجدول الدورى الحديث.

- الجدول التالى يوضح الغازات الخاملة ومستوى الطاقة الفرعى s الذى يلى كل منها فى كل دورة جديدة :

الغاز الخامل	$_{2}He$	$_{10}Ne$	$_{18}Ar$	$_{36}Kr$	$_{54}Xe$	$_{86}Rn$
المستوى الفرعى الذى يليه مباشرةً	2s	3s	4s	5s	6s	7s

- الجدول التالى يوضح التوزيع الإلكترونى لبعض العناصر تبعًا لـ :

① **مبدأ البناء التصاعدى**

② **أقرب غاز خامل يسبق العنصر فى الجدول الدورى**

التوزيع الإلكترونى تبعًا لأقرب غاز خامل	التوزيع الإلكترونى تبعًا لمبدأ البناء التصاعدى	العنصر
$[Ne], 3s^2, 3p^5$	$1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^5$ (10 e⁻)	الكلور $_{17}Cl$
$[Ar], 4s^2, 3d^6$	$1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^6, 4s^2, 3d^6$ (18 e⁻)	الحديد $_{26}Fe$
$[Kr], 5s^2, 4d^{10}$	$1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^6, 4s^2, 3d^{10}, 4p^6, 5s^2, 4d^{10}$ (36 e⁻)	الكادميوم $_{48}Cd$
$[Xe], 6s^2$	$1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^6, 4s^2, 3d^{10}, 4p^6, 5s^2, 4d^{10}, 5p^6, 6s^2$ (54 e⁻)	الباريوم $_{56}Ba$

٢ قاعدة هوند

★ تنص قاعدة هوند على أنه لا يحدث ازدواج لإلكترونين فى أوربيتال مستوى فرعى معين إلا بعد أن تشغل أوربيتالاته فرادى أولًا.

◄ الجدول التالى يوضح التوزيع الإلكترونى لبعض العناصر تبعًا لقاعدة هوند :

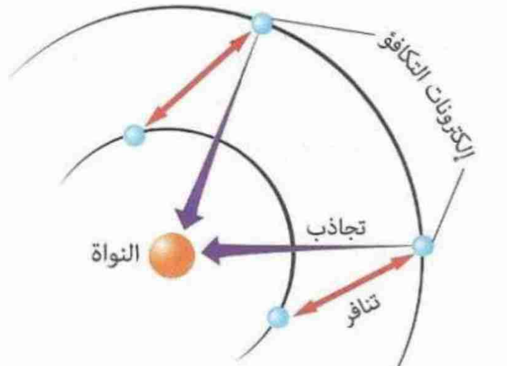
العنصر	$_{7}N$	$_{8}O$	$_{28}Ni$
التوزيع الإلكترونى	$1s^2$ ↿⇂ ، $2s^2$ ↿⇂ ، $2p^3$ ↑ ↑ ↑ $1s^2, 2s^2, 2p_x^1, 2p_y^1, 2p_z^1$	$1s^2$ ↿⇂ ، $2s^2$ ↿⇂ ، $2p^4$ ↿⇂ ↑ ↑ $1s^2, 2s^2, 2p_x^2, 2p_y^1, 2p_z^1$	$4s^2$ ↿⇂ ، $3d^8$ ↿⇂ ↿⇂ ↿⇂ ↑ ↑ $[Ar], 4s^2, 3d^8$

◄ تصبح الذرة أكثر استقرارًا، عندما تكون أوربيتالات المستويات الفرعية الخارجية لها فى إحدى الحالات الآتية :

١ فارغة تمامًا	٢ نصف ممتلئة	٣ تامة الامتلاء
p^0 ☐ ☐ ☐	p^3 ↑ ↑ ↑	p^6 ↿⇂ ↿⇂ ↿⇂
d^0 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐	d^5 ↑ ↑ ↑ ↑ ↑	d^{10} ↿⇂ ↿⇂ ↿⇂ ↿⇂ ↿⇂

مفهوم شحنة النواة الفعالة (Z-effect)

◄ لا تتأثر إلكترونات التكافؤ فى أى ذرة بشحنة النواة كاملة (شحنة بروتونات النواة)، حيث تحجب الإلكترونات الداخلية بالمدارات المكتملة جزء من تلك الشحنة عن إلكترونات التكافؤ، وتسمى الشحنة الفعلية التى يتأثر بها أى إلكترون بشحنة النواة الفعالة Z-effect



قوى التجاذب و التنافر
التى تتأثر بها إلكترونات التكافؤ

جهد التأين (طاقة التأين)

- إذا اكتسبت الذرة – وهى فى حالتها الغازية – مقدارًا محدودًا من الطاقة، فإن الإلكترونات تثار وتنتقل إلى مستويات طاقة أعلى، أما إذا كان مقدار الطاقة المكتسبة كبير، فإن أضعف الإلكترونات ارتباطًا بالنواة يتحرر، وتصبح الذرة أيونًا موجبًا ويسمى الحد الأدنى من هذه الطاقة بجهد التأين.
- **ويكون لذرة العنصر الواحد أكثر من جهد تأين، فمثلًا هناك :**

جهد التأين الأول	جهد التأين الثانى	جهد التأين الثالث
يؤدى إلى تكوين أيون يحمل شحنة واحدة موجبة	يؤدى إلى تكوين أيون يحمل شحنتين موجبتين	يؤدى إلى تكوين أيون يحمل ثلاث شحنات موجبة
$M_{(g)} + Energy \longrightarrow M^{+}_{(g)} + e^{-}, \Delta H = (+)$	$M^{+}_{(g)} + Energy \longrightarrow M^{2+}_{(g)} + e^{-}, \Delta H = (+)$	$M^{2+}_{(g)} + Energy \longrightarrow M^{3+}_{(g)} + e^{-}, \Delta H = (+)$

جهد التأين الأول < جهد التأين الثانى < جهد التأين الثالث

أعداد التأكسد

- **يمثل** عدد تأكسد العنصر **الشحنة الكهربية (الموجبة أو السالبة)** التى تبدو على الأيون أو الذرة فى المركب.
- تتميز العناصر الانتقالية بتعدد حالات تأكسدها، وتحسب بدلالة أعداد التأكسد المعروفة لباقى العناصر فى المركب.

تطبيق تعدد حالات تأكسد المنجنيز

$$_{25}Mn : [Ar], 4s^2, 3d^5$$

[↑↓] [↑][↑][↑][↑][↑]

مثال	التوزيع الإلكترونى (4s , 3d)		حالة التأكسد
MnO	[ ] [↑][↑][↑][↑][↑]	$Mn^{2+} : [Ar], 4s^0, 3d^5$	+2
Mn_2O_3	[ ] [↑][↑][↑][↑][ ]	$Mn^{3+} : [Ar], 4s^0, 3d^4$	+3
MnO_2	[ ] [↑][↑][↑][ ][ ]	$Mn^{4+} : [Ar], 4s^0, 3d^3$	+4
K_2MnO_4	[ ] [↑][ ][ ][ ][ ]	$Mn^{6+} : [Ar], 4s^0, 3d^1$	+6
$KMnO_4$	[ ] [ ][ ][ ][ ][ ]	$Mn^{7+} : [Ar], 4s^0, 3d^0$	+7

مفهوم عمليتى الأكسدة و الاختزال

عمليـــة أكســـدة

وهى عملية فقد إلكترونات،
ينتج عنها
زيادة فى الشحنة الموجبة

عمليـــة اختـــزال

وهى عملية اكتساب إلكترونات،
ينتج عنها
نقص فى الشحنة الموجبة

e^-

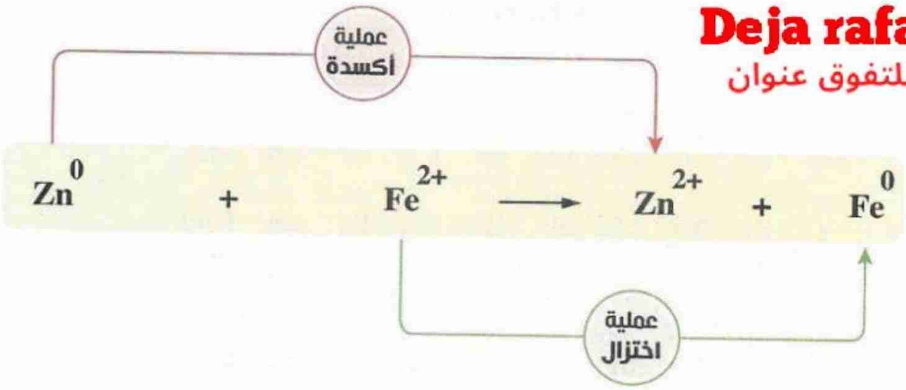
نقص عدد التأكسد يعنى حدوث اختزال

−7 −6 −5 −4 −3 −2 −1 0 +1 +2 +3 +4 +5 +6 +7

زيادة عدد التأكسد يعنى حدوث أكسدة

عمليتى الأكسدة والاختزال يتبعهما تغير فى أعداد التأكسد

تطبيق



من بداية الباب
إلى ما قبل الخصائص العامة لعناصر السلسلة الانتقالية الأولى

سبق لك فى العام السابق دراسة عناصر

الفئة p التى تشغل **يمين** الجدول الدورى

الفئة s التى تشغل **يسار** الجدول الدورى

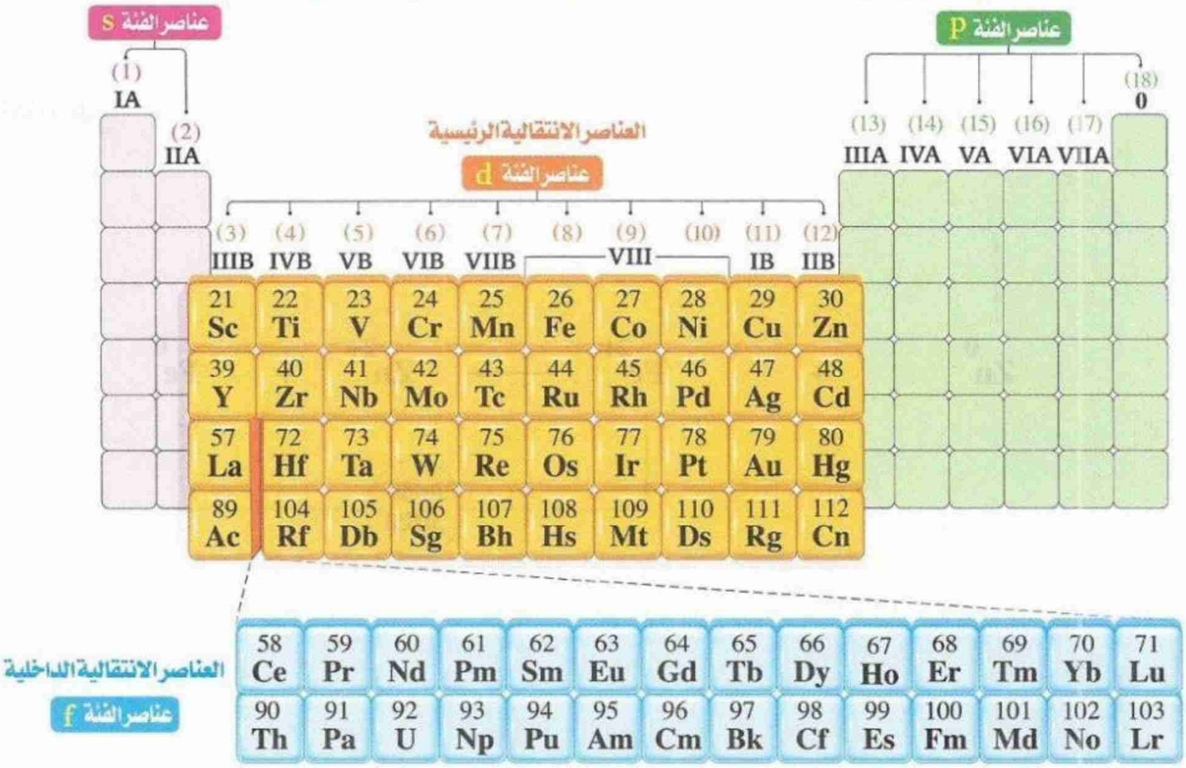
وسوف نتناول فى هذا العام دراسة

العناصر الانتقالية

التى تشغل **المنطقة الوسطى** من الجدول بين عناصر الفئتين (s) ، (p)

العناصر الانتقالية

- عدد العناصر الانتقالية أكثر من **60 عنصرًا**، أى أكثر من نصف عدد العناصر المعروفة.
- تنقسم العناصر الانتقالية إلى قسمين رئيسيين، هما :
  - **العناصر الانتقالية الرئيسية.**
  - **العناصر الانتقالية الداخلية.**



موقع العناصر الانتقالية فى الجدول الدورى

- وسوف نكتفى بدراسة **العناصر الانتقالية الرئيسية.**

العناصر الانتقالية الرئيسية «عناصر الفئة (d)»

◂ **تتكون الفئة (d) من 10** أعمدة رأسية، **لأنــه** يتتابع فيها امتلاء المستوى الفرعى (d) الذى يتكون من 5 أوربيتالات تتسع لعشرة إلكترونات.

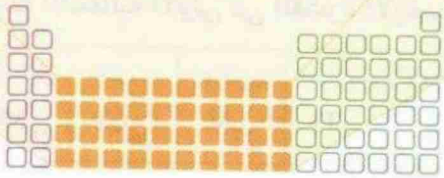
◂ **تُميز أرقام مجموعاتها** بالحرف **B** «باستثناء المجموعة الثامنة VIII التى تتكون من 3 أعمدة رأسية وهى المجموعات (8) ، (9) ، (10)».

رقم المجموعة	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	IIIB	IVB	VB	VIB	VIIB	VIII	VIII	VIII	IB	IIB
التركيب الإلكترونى الخارجى لعناصرها	$ns^2, (n-1)d^1$	$ns^2, (n-1)d^2$	$ns^2, (n-1)d^3$	$ns^1, (n-1)d^5$	$ns^2, (n-1)d^5$	$ns^2, (n-1)d^6$	$ns^2, (n-1)d^7$	$ns^2, (n-1)d^8$	$ns^1, (n-1)d^{10}$	$ns^2, (n-1)d^{10}$

◂ **تختلف المجموعة الثامنة VIII** عن باقى مجموعات الجدول الدورى الحديث،
لأن التشابه بين عناصرها الأفقية يكون أكثر من التشابه بين عناصرها الرأسية.

◂ **تُقسم العناصر الانتقالية الرئيسية** إلى أربع سلاسل أفقية – تتضمن كل سلسلة منها 10 عناصر – وهى :

	IIIB	IVB	VB	VIB	VIIB	VIII	VIII	VIII	IB	IIB
السلسلة الانتقالية الأولى	Sc $3d^1$	Ti $3d^2$	V $3d^3$	Cr $3d^5$	Mn $3d^5$	Fe $3d^6$	Co $3d^7$	Ni $3d^8$	Cu $3d^{10}$	Zn $3d^{10}$
السلسلة الانتقالية الثانية	Y $4d^1$	Zr $4d^2$	Nb $4d^3$	Mo $4d^5$	Tc $4d^5$	Ru $4d^6$	Rh $4d^7$	Pd $4d^8$	Ag $4d^{10}$	Cd $4d^{10}$
السلسلة الانتقالية الثالثة	La $5d^1$	Hf $5d^2$	Ta $5d^3$	W $5d^5$	Re $5d^5$	Os $5d^6$	Ir $5d^7$	Pt $5d^8$	Au $5d^{10}$	Hg $5d^{10}$
السلسلة الانتقالية الرابعة	Ac $6d^1$	Rf $6d^2$	Db $6d^3$	Sg $6d^5$	Bh $6d^5$	Hs $6d^6$	Mt $6d^7$	Ds $6d^8$	Rg $6d^{10}$	Cn $6d^{10}$



السلاسل الأفقية للعناصر الانتقالية الرئيسية

١ السلسلة الانتقالية الأولى :

* يتتابع فيها امتلاء المستوى الفرعى $3d$
* تقع فى الدورة الرابعة.
* تبدأ بعنصر السكانديوم $_{21}Sc$ $(..., 4s^2, 3d^1)$ وتنتهى بعنصر الخارصين $_{30}Zn$ $(..., 4s^2, 3d^{10})$.

٢ السلسلة الانتقالية الثانية :

* يتتابع فيها امتلاء المستوى الفرعى $4d$
* تقع فى الدورة الخامسة.
* تبدأ بعنصر اليتريوم $_{39}Y$ $(..., 5s^2, 4d^1)$ وتنتهى بعنصر الكادميوم $_{48}Cd$ $(..., 5s^2, 4d^{10})$.

٣ السلسلة الانتقالية الثالثة :

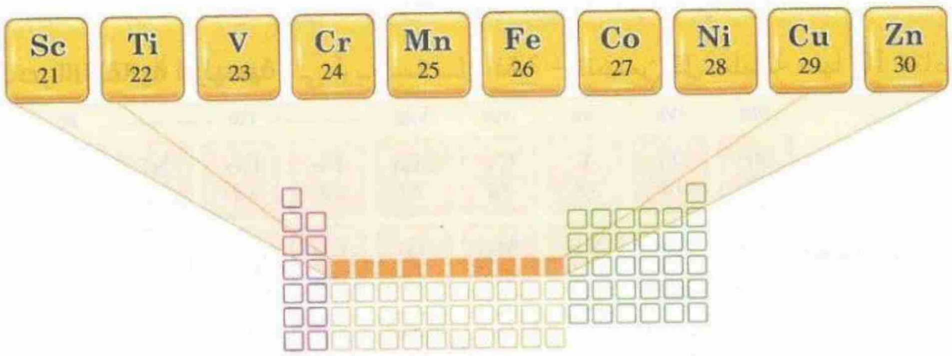
* يتتابع فيها امتلاء المستوى الفرعى $5d$
* تقع فى الدورة السادسة.
* تبدأ بعنصر اللانثانيوم $_{57}La$ $(..., 6s^2, 5d^1)$ وتنتهى بعنصر الزئبق $_{80}Hg$ $(..., 6s^2, 4f^{14}, 5d^{10})$.

٤ السلسلة الانتقالية الرابعة :

* يتتابع فيها امتلاء المستوى الفرعى $6d$
* تقع فى الدورة السابعة.

السلسلة الانتقالية الأولى

تشمل هذه السلسلة 10 عناصر، هم :



موقع السلسلة الانتقالية الأولى فى الجدول الدورى

الجدول التالى يوضح النسب المئوية لعناصر السلسلة الانتقالية الأولى فى القشرة الأرضية :

العنصر	السكانديوم $_{21}Sc$	التيتانيوم $_{22}Ti$	الفانديوم $_{23}V$	الكروم $_{24}Cr$	المنجنيز $_{25}Mn$	الحديد $_{26}Fe$	الكوبلت $_{27}Co$	النيكل $_{28}Ni$	النحاس $_{29}Cu$	الخارصين $_{30}Zn$
النسبة الوزنية فى القشرة الأرضية	0.0005%	0.6%	0.02%	0.04%	0.1%	5.1%	0.002%	0.008%	0.007%	0.0001%

الأهمية الاقتصادية لعناصر السلسلة الانتقالية الأولى

رغم أن عناصر السلسلة الانتقالية الأولى – مجتمعة – **تشكل أقل من** 7% من وزن القشرة الأرضية، إلا أن أهميتها الاقتصادية كبيرة.

وفيما يلى خصائص واستخدامات عناصر السلسلة الانتقالية الأولى :

١ عنصر السكانديوم ($_{21}Sc$) Scandium

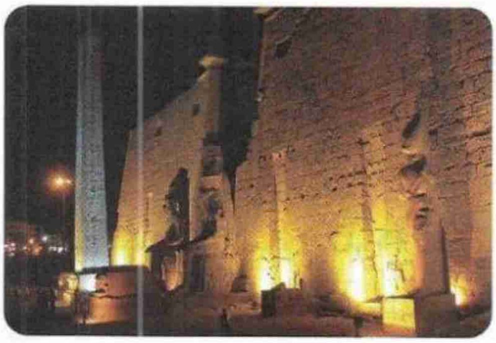
خصائصه

- يوجد بكميات صغيرة جدًا موزعة على نطاق واسع من القشرة الأرضية.

استخداماته

١ يضاف السكانديوم إلى مصابيح أبخرة الزئبق، المستخدمة فى التصوير التليفزيونى الليلى، وذلك **لإنتاج** ضوء عالى الكفاءة، يشبه ضوء الشمس.

٢ يستخدم السكانديوم فى صناعة طائرات الميج المقاتلة، **لأن** عند إضافة نسبة ضئيلة منه إلى الألومنيوم تتكون سبيكة تتميز بخفتها وشدة صلابتها.



يضاء معبد الأقصر ليلًا بمصابيح أبخرة الزئبق

٢ عنصر التيتانيوم ($_{22}Ti$) Titanium

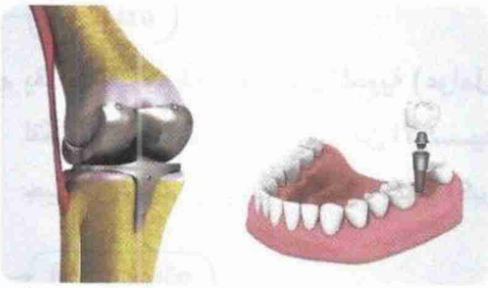
خصائصه

- شديد الصلابة كالحديد الصلب ولكنه أقل منه كثافة.
- يحافظ على قوته ومتانته فى درجات الحرارة العالية.

استخداماته

١ يستخدم التيتانيوم فى عمليات زراعة الأسنان والمفاصل الصناعية، **لأنه** صلب والجسم لا يلفظه ولا يسبب أى نوع من التسمم.

٢ تستخدم سبائك التيتانيوم مع الألومنيوم فى صناعة الطائرات والمركبات الفضائية، **لأنه** يحافظ على متانته فى درجات الحرارة المرتفعة، فى الوقت الذى تنخفض فيه متانة الألومنيوم فى حال استخدامه بمفرده.

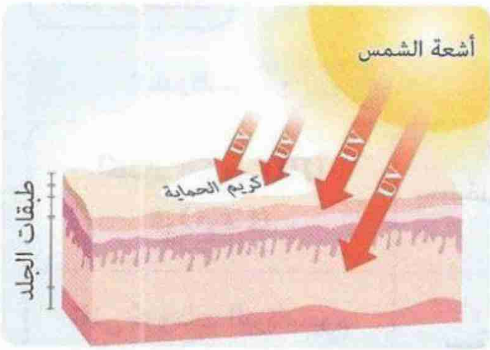


يستخدم التيتانيوم فى عمليات زراعة الأسنان والمفاصل الصناعية

أهم مركباته

ثانى أكسيد التيتانيوم (TiO_2)

الذى يدخل فى تركيب مستحضرات الحماية من أشعة الشمس، **لأن** دقائقه النانوية تمنع وصول الأشعة فوق البنفسجية (UV) للجلد.



تمنع مستحضرات الحماية من أشعة الشمس وصول الأشعة فوق البنفسجية للجلد

٣ عنصر الفانديوم Vanadium ($_{23}V$)

استخداماته

- يستخدم الفانديوم فى صناعــة زنبركــات السيــارات، **لأن** عنــد إضافة نســبة ضئيلة منه إلى الصلب تتكــون ســبيكة تتميز بقساوتها العالية وقدرتها الكبيرة على مقاومة التآكل.



تستخدم سبيكة الصلب مع الفانديوم فى صناعة زنبركات السيارات

أهم مركباته

خامس أكسيد الفانديوم (V_2O_5) الذى يستخدم كـ :

١. صبغ فى صناعة السيراميك والزجاج.
٢. عامل حفاز فى صناعة المغناطيسات فائقة التوصيل.
٣. عامل حفاز فى تحضير حمض الكبريتيك **بطريقة التلامس.**
٤. عامل حفاز فى تحضير حمض البنزويك.

٤ عنصر الكروم Chromium ($_{24}Cr$)

خصائصه

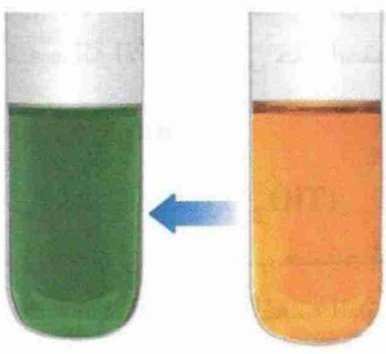
- يقاوم الكروم فعل العوامل الجوية (عوامل الصدأ والتآكل) رغم أنه على درجة عالية من النشاط الكيميائى، **لتكوّن** طبقة غير مسامية من الأكسيد على سطحه تمنع استمرار تفاعله مع أكسجين الهواء الجوى، حيث أن حجم جزيئات الأكسيد يكون أكبر من حجم ذرات العنصر نفسه.

استخداماته

- يستخدم الكروم فى طلاء المعادن و دباغة الجلود.

أهم مركباته

المركب	الاستخدام
أكسيد الكروم (III) (Cr_2O_3)	يستخدم فى صناعة الأصباغ
ثانى كرومات البوتاسيوم ($K_2Cr_2O_7$)	يستخدم كمادة مؤكسدة



يتحول لون ثانى كرومات البوتاسيوم البرتقالى إلى اللون الأخضر عند أكسدة الكحول الإيثيلى

٥ عنصر المنجنيز Manganese ($_{25}Mn$)



تستخدم سبائك الحديد مع المنجنيز فى صناعة خطوط السكك الحديدية

خصائصه

عنصر شديد الهشاشة وهو فى حالته النقية، **لذا** يستخدم دائمًا فى صورة سبائك أو مركبات.

استخداماته

1. تستخدم سبائك الحديد مع المنجنيز فى صناعة خطوط السكك الحديدية، **لأنها** أصلب من الصلب.
2. تستخدم سبائك الألومنيوم مع المنجنيز فى صناعة عبوات المشروبات الغازية، **لمقاومتها للتآكل**.

أهم مركباته

المركب	الاستخدام
ثانى أكسيد المنجنيز (MnO_2)	* يستخدم كعامل **مؤكسد** قوى، يدخل فى صناعة العمود الجاف. * يستخدم كعامل **حفاز** فى تفاعل انحلال فوق أكسيد الهيدروچين H_2O_2
برمنجنات البوتاسيوم ($KMnO_4$)	* يستخدم كعامل مؤكسد وكمادة مطهرة.
كبريتات المنجنيز (II) ($MnSO_4$)	* يستخدم كمبيد للفطريات.

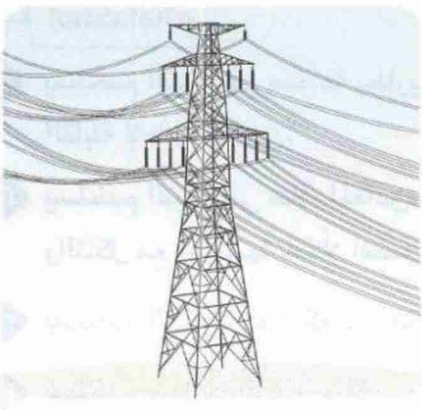


محلول برمنجنات البوتاسيوم البنفسجى

٦ عنصر الحديد Iron ($_{26}Fe$)

استخداماته

1. **يستخدم الحديد فى صناعة :**
   - الخرسانات المسلحة.
   - مواسير البنادق والمدافع.
   - السكاكين.
   - أبراج الكهرباء.
   - الأدوات الجراحية.
   - المغناطيسات.
2. **يستخدم الحديد كعامل حفاز فى :**
   - صناعة غاز النشادر بطريقة **(هابر – بوش)**.
   - تحويل الغاز المائى إلى وقود سائل (بترول مخلق) بطريقة **(فيشر – تروبش)**.



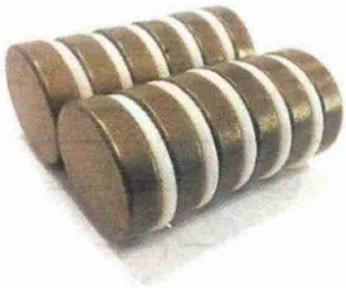
تصنع أبراج الكهرباء من الحديد

الغاز المائى هو خليط من غازى الهيدروچين و أول أكسيد الكربون.

٧ عنصر الكوبلت Cobalt ($_{27}Co$)

خصائصه

- يتشابه الكوبلت مع الحديد فى الخواص المغناطيسية، **لأن** كلاهما قابل للتمغنط.



مغناطيسات مصنوعة من عنصرى الكوبلت Co و السامريوم Sm

استخداماته

- يستخدم **الكوبلت** فى صناعة :
  - المغناطيسات.
  - البطاريات الجافة فى السيارات الحديثة.

أهم نظائره

- عنصر الكوبلت له **12 نظير** مشع، أهمهم **الكوبلت 60 المشع** الذى يصدر أشعة جاما التى تمتاز بقدرتها العالية على النفاذ **لذا يستخدم فى :**
  - عمليات حفظ المواد الغذائية.
  - التأكد من جودة المنتجات (كالكشف عن مواقع الشقوق ولحام الوصلات).
  - الكشف عن الأورام الخبيثة وعلاجها.

٨ عنصر النيكل Nickel ($_{28}Ni$)

خصائصه

- له مظهر لامع.
- تتميز سبائك النيكل مع الصلب بالصلابة ومقاومة الصدأ و الأحماض.

استخداماته

1. يستخدم النيكل فى صناعة بطاريات النيكل - كادميوم القابلة لإعادة الشحن.
2. يستخدم النيكل فى طلاء المعادن، **لحمايتها من الأكسدة** والتآكل مع إكسابها شكلًا أفضل.
3. يستخدم النيكل المجزأ كعامل حفاز فى عمليات هدرجة الزيوت.
4. تستخدم سبائك النيكل والكروم فى صناعة ملفات التسخين والأفران الكهربية، **لأنها** تقاوم التآكل حتى وهى مسخنة لدرجة الاحمرار.



تستخدم سبائك النيكل والكروم فى صناعة ملفات التسخين

٩ عنصر النحاس Copper ($_{29}Cu$)

- يعتبر النحاس – تاريخيًا – أول فلز عرفه الإنسان.
- تعرف سبيكة النحاس مع القصدير باسم **البرونز**.



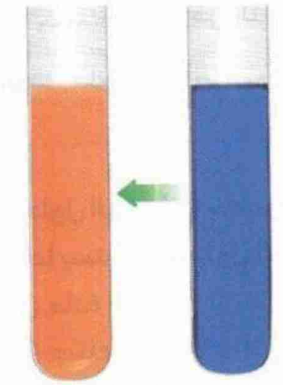
يصنع ميدالية المركز الثالث فى الأوليمبياد من سبيكة البرونز

استخداماته

1. يستخدم النحاس فى صناعة الكابلات الكهربية، **لأنه** موصل جيد للكهرباء.
2. يستخدم النحاس فى صناعة سبائك العملات المعدنية.

أهم مركباته

المركب	الاستخدام
كبريتات النحاس (II) ($CuSO_4$)	* يستخدم كمبيد حشرى. * يستخدم كمبيد للفطريات فى عمليات تنقية مياه الشرب.
محلول فهلنج شاهد الفيديو	* يستخدم فى الكشف عن سكر الجلوكوز، حيث يتحول لون المحلول الأزرق بواسطة سكر الجلوكوز إلى اللون البرتقالى.



يتحول لون محلول فهلنج الأزرق إلى اللون البرتقالى عند إضافة محلول سكر الجلوكوز إليه

١٠ عنصر الخارصين Zinc ($_{30}Zn$)

استخداماته

- تتركز معظم استخدامات الخارصين فى تغطية أسطح الفلزات بطبقة من الخارصين، لحمايتها من الصدأ فيما يعرف **بالجلفنة**.



رشاش المياه مصنوع من الحديد المجلفن

أهم مركباته

المركب	الاستخدام
أكسيد الخارصين (ZnO)	* يستخدم فى صناعة : • الدهانات. • المطاط. • مستحضرات التجميل.
كبريتيد الخارصين (ZnS)	* يستخدم فى صناعة : • الطلاءات المضيئة. • شاشات الأشعة السينية.



كتابات بالطلاءات المضيئة

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: التعرف على الأهمية الاقتصادية لعناصر السلسلة الانتقالية الأولى.

١ فلز انتقالى عاكس جيد للأشعة تحت الحمراء ومقاوم للتآكل وغير سام، لذا يرتبط بالعظام جيدًا. ما اسم هذا الفلز ؟

(أ) النيكل. (ب) الكوبلت. (ج) الكروم. (د) التيتانيوم.

فكرة الحل :
فلز التيتانيوم يستخدم فى عمليات زراعة الأسنان والمفاصل الصناعية، لأنه صلب والجسم لا يلفظه ولا يسبب أى نوع من التسمم.

الحل : الاختيار الصحيح : (د)

---

٢ محلول الملح (X) بنفسجى اللون ويستخدم كعامل مؤكسد فى معظم تفاعلات المعايرة بالأكسدة والاختزال. فيما يستخدم محلول الملح (X) ؟

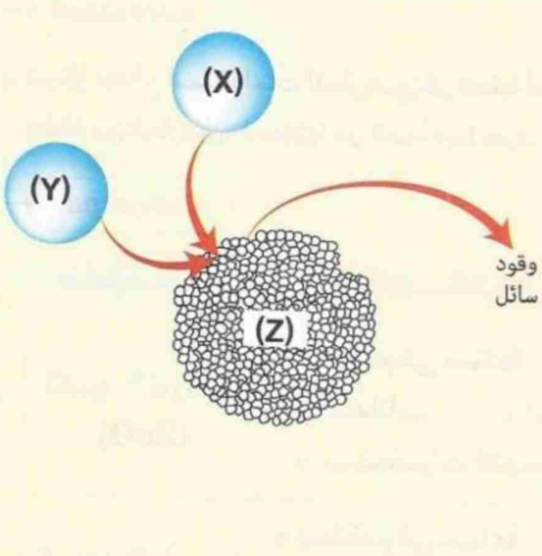
(أ) مادة مطهرة. (ب) عامل حفاز.
(ج) صناعة مستحضرات التجميل. (د) دباغة الجلود.

فكرة الحل :
محلول برمنجنات البوتاسيوم $KMnO_4$ بنفسجى اللون يستخدم كعامل مؤكسد وكمادة مطهرة.

الحل : الاختيار الصحيح : (أ)

---

٣ الشكل المقابل : يمثل عملية تخليق وقود سائل. أى مما يأتى يعبر عن العنصر (X) والمركب (Y) والعامل الحفاز (Z) ؟



الاختيارات	(X)	(Y)	(Z)
(أ)	CO	H_2	Fe
(ب)	H_2	SO_2	V_2O_5
(ج)	SO_2	H_2O	V_2O_5
(د)	H_2	CO	Fe

فكرة الحل :

∵ (X) يمثل عنصر، بينما CO ، SO_2 مركبات.

∴ يستبعد الاختيارين (أ) ، (ج)

∵ V_2O_5 يستخدم كعامل حفاز فى عملية تحضير حمض الكبريتيك بطريقة التلامس وليس عملية تخليق الوقود السائل.

∴ يستبعد الاختيار (ب)

∵ يمكن استخدام فلز الحديد كعامل حفاز فى عملية تحويل الغاز المائى (خليط من H_2 ، CO) إلى وقود سائل.

∴ الشكل يعبر عن عملية (فيشر - تروبش).

الحل : الاختيار الصحيح : (د)

---

٤ **يدخل العنصر الانتقالى (M) فى تصنيع السبائك المغناطيسية، كما يدخل بشكل أساسى فى مكونات بطارية أيون الليثيوم. ما اسم العنصر (M) ؟**

(أ) الحديد. (ب) المنجنيز. (ج) الكوبلت. (د) الكروم.

فكرة الحل :

يستخدم عنصر الكوبلت فى صناعة المغناطيسات والبطاريات الجافة فى السيارات الحديثة.

الحل : الاختيار الصحيح : (ج)

---

٥ **ما العنصر الذى يوجد فى سبيكة البرونز بنسبة 10% ؟**

(أ) الخارصين. (ب) النيكل. (ج) النحاس. (د) القصدير.

فكرة الحل :

سبيكة البرونز عبارة عن نحاس مضاف إليه نسبة صغيرة من القصدير.

الحل : الاختيار الصحيح : (د)

---

٦ **من أمثلة الجلفنة تغطية ....**

(أ) الخارصين بالحديد. (ب) الحديد بالقصدير.

(ج) الألومنيوم بالخارصين. (د) الألومنيوم بالكروم.

فكرة الحل :

الجلفنة تعنى تغطية أسطح الفلزات بطبقة من الخارصين.

الحل : الاختيار الصحيح : (ج)

٧ أى مما يلى يُعبر عن خواص العناصر الانتقالية ؟

ⓐ تستخدم أشعة ألفا الصادرة من الكوبلت 60 فى علاج السرطان.

ⓑ عند تقريب ساق من الكوبلت من مجال مغناطيسى فإنها تصبح ممغنطة.

ⓒ يدخل النيكل فى تركيب بطاريات أيون الليثيوم الحديثة القابلة لإعادة الشحن.

ⓓ يستخدم النيكل مع الألومنيوم فى صناعة سبيكة تستخدم فى صنع المغناطيسات الدائمة.

فكرة الحل :

∵ نظير الكوبلت 60 يصدر عنه أشعة جاما التى تستخدم فى علاج السرطان (وليس أشعة ألفا).

∴ يستبعد الاختيار ⓐ

∵ الكوبلت يتشابه مع الحديد فى الخواص المغناطيسية.

∴ كلاهما قابل للتمغنط.

الحل : الاختيار الصحيح : ⓑ

التركيب الإلكترونى لعناصر السلسلة الانتقالية الأولى

- تقع عناصر السلسلة الانتقالية الأولى فى **الدورة الرابعة** بعد عنصر **الكالسيوم** $_{20}Ca$
- يتتابع فيها امتلاء الأوربيتالات الخمسة للمستوى الفرعى $3d$ بالإلكترونات – فرادى أولًا – حتى نصل إلى عنصر المنجنيز $(3d^5)$ ثم يتوالى بعد ذلك ازدواج إلكترونين فى كل أوربيتال – تبعًا لقاعدة هوند – حتى نصل إلى عنصر الخارصين $(3d^{10})$.

التوزيع الإلكترونى لعنصر الكالسيوم :
$_{20}Ca : [Ar], 4s^2$

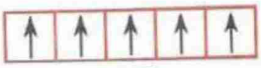
العنصر		التوزيع الإلكترونى تبعًا لـ مبدأ البناء التصاعدى	قاعدة هوند 4s	قاعدة هوند 3d
السكانديوم	$_{21}Sc$	$[Ar], 4s^2, 3d^1$	↑↓	↑ | | | |
التيتانيوم	$_{22}Ti$	$[Ar], 4s^2, 3d^2$	↑↓	↑ | ↑ | | |
الفاناديوم	$_{23}V$	$[Ar], 4s^2, 3d^3$	↑↓	↑ | ↑ | ↑ | |
الكروم	$_{24}Cr$	$[Ar], 4s^1, 3d^5$	↑	↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑
المنجنيز	$_{25}Mn$	$[Ar], 4s^2, 3d^5$	↑↓	↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑
الحديد	$_{26}Fe$	$[Ar], 4s^2, 3d^6$	↑↓	↑↓ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑
الكوبلت	$_{27}Co$	$[Ar], 4s^2, 3d^7$	↑↓	↑↓ | ↑↓ | ↑ | ↑ | ↑
النيكل	$_{28}Ni$	$[Ar], 4s^2, 3d^8$	↑↓	↑↓ | ↑↓ | ↑↓ | ↑ | ↑
النحاس	$_{29}Cu$	$[Ar], 4s^1, 3d^{10}$	↑	↑↓ | ↑↓ | ↑↓ | ↑↓ | ↑↓
الخارصين (الزنك)	$_{30}Zn$	$[Ar], 4s^2, 3d^{10}$	↑↓	↑↓ | ↑↓ | ↑↓ | ↑↓ | ↑↓

ويلاحظ من الجدول السابق شذوذ التركيب الإلكترونى لكل من :

عنصر الكروم $_{24}Cr$ | **عنصر النحاس $_{29}Cu$**

لأن الذرة تكون أكثر استقرارًا (أقل طاقة) عندما يكون المستوى الفرعى $3d$

نصف ممتلئ أو **تام الامتلاء**



$3d^5$



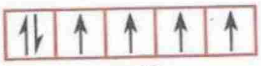
$3d^{10}$

تطبيقات

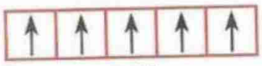
◄ يسهل أكسدة أيون الحديد (II) إلى أيون الحديد (III).

$[_{26}Fe]$

$$_{26}Fe : [Ar], 4s^2\ , 3d^6 \xrightarrow{-2e^-} Fe^{2+} : [Ar], 3d^6 \xrightarrow{-e^-} Fe^{3+} : [Ar], 3d^5$$



$3d^6$



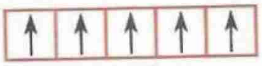
$3d^5$

لأن أيون Fe^{3+} أكثر استقرارًا من أيون Fe^{2+}، حيث يكون المستوى الفرعى $3d$ فيه **نصف ممتلئ** وتسهل الأكسدة لأن التفاعل يسير فى اتجاه تكوين المركب الأكثر ثباتًا.

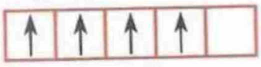
◄ يصعب أكسدة أيون المنجنيز (II) إلى أيون المنجنيز (III).

$[_{25}Mn]$

$$_{25}Mn : [Ar], 4s^2\ , 3d^5 \xrightarrow{-2e^-} Mn^{2+} : [Ar], 3d^5 \xrightarrow{-e^-} Mn^{3+} : [Ar], 3d^4$$



$3d^5$



$3d^4$

لأن أيــون Mn^{2+} أكثــر اســتقرارًا مــن أيــون Mn^{3+}، حيــث يكون المســتوى الفرعــى $3d$ فيه **نصف ممتلــئ** وتصعب الأكسدة لأن التفاعل يسير فى اتجاه تكوين المركب الأكثر ثباتًا.

ويلاحظ بشكل عام أن :

ذرة أو أيون العنصر الانتقالى يكونان أكثر استقرارًا عندما يكون المستوى الفرعى d :

نصف ممتلئ بالإلكترونات		تام الامتلاء بالإلكترونات
d^5 [↑][↑][↑][↑][↑]	أو	d^{10} [↿⇂][↿⇂][↿⇂][↿⇂][↿⇂]
Cr ، Mn^{2+} ، Fe^{3+}	كما فى	Cu ، Cu^{+} ، Zn ، Zn^{2+}

إلا أن الامتلاء النصفى أو الكامل للمستوى الفرعى d ليس هو العامل الوحيد لثبات التركيب الإلكترونى للعنصر فى مركباته

ملحوظة

بالرغم من أن المستوى الفرعى $3d$ تام الامتلاء فى أيون $Cu^{+}_{(aq)}$، **إلا أن أيون $Cu^{2+}_{(aq)}$ أكثر ثباتًا من $Cu^{+}_{(aq)}$ لأن** طاقة إماهة أيونات Cu^{2+} (طاقة ارتباط الأيونات بجزيئات الماء) تكون **أكبر من** طاقة إماهة أيونات Cu^{+}

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: كتابة التركيب الإلكترونى لعناصر السلسلة الانتقالية الأولى.

من التوزيع الإلكترونى المقابل : $M^{3+} : [Ar] , 3d^3$

ما العدد الذرى للعنصر الانتقالى (M) ؟

Ⓐ 21 Ⓑ 22
Ⓒ 23 Ⓓ 24

فكرة الحل :

∵ الأرجون Ar تحتوى ذرته على 18 إلكترون والمستوى الفرعى $3d$ فى هذا الأيون يحتوى على 3 إلكترونات وهذا الأيون تكوَّن بعد فقد 3 إلكترونات من ذرته.

∴ العدد الذرى للعنصر الانتقالى $M = 18 + 3 + 3 = 24$

الحل : الاختيار الصحيح : Ⓓ

حالات تأكسد عناصر السلسلة الانتقالية الأولى

◂ **من المعروف أن** المستويين الفرعيين $4s$ ، $3d$ **متقاربين** فى الطاقة، **لذا فإنه** عند حدوث تأين فى ذرات عناصر السلسلة الانتقالية الأولى تخرج الإلكترونات من المستوى الفرعى $4s$ (الأبعد عن النواة) أولًا ثم يتتابع خروج إلكترونات المستوى الفرعى $3d$ لتعطى حالات التأكسد **التى يوضحها الجدول التالى :**

(IIIB)	(IVB)	(VB)	(VIB)	(VIIB)	(VIII)			(IB)	(IIB)
$_{21}Sc$	$_{22}Ti$	$_{23}V$	$_{24}Cr$	$_{25}Mn$	$_{26}Fe$	$_{27}Co$	$_{28}Ni$	$_{29}Cu$	$_{30}Zn$
								+1	
	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+2
+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3		
	+4	+4		+4		+4	+4		
		+5							
			+6	+6	+6				
				+7					

حالات تأكسد عناصر السلسلة الانتقالية الأولى
«حالات التأكسد المحاطة بدائرة هى الشائعة»
«للاطلاع فقط»

ويتضح من الجدول السابق أن :

١ **جميع** عناصر السلسلة الانتقالية الأولى تعطى حالة التأكسد (+2)، عند فقد إلكترونى المستوى الفرعى $4s$، عدا **السكانديوم Sc** الذى له حالة تأكسد وحيدة هى (+3).

٢ حالات التأكسد **تزداد** من عنصر السكانديوم Sc^{3+} حتى تصل إلى **أقصى قيمة** (+7) فى عنصر المنجنيز الذى يقع فى المجموعة 7B، ثم **يبدأ التناقص** حتى تصل إلى حالة التأكسد (+2) فى عنصر الخارصين، الذى يقع فى المجموعة 2B

٣ أعلى عدد تأكسد لأى عنصر **لا يتعدى** رقم مجموعته «**باستثناء** عناصر المجموعة 1B»، **وهى :**

- النحاس (من السلسلة الانتقالية الأولى).
- الفضة (من السلسلة الانتقالية الثانية).
- الذهب (من السلسلة الانتقالية الثالثة).

٤ معظم العناصر الانتقالية تتميز **بتعدد** حالات تأكسدها، **لتتابع** خروج الإلكترونات من المستويين الفرعيين $(n)s$ ، $(n-1)d$ المتقاربين فى الطاقة.

ملحوظة
الفلزات الممثلة يكون لها غالبًا **حالة تأكسد واحدة فقط** على عكس العناصر الانتقالية

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: تحديد حالات التأكسد للعناصر.

1 أكبر حالة تأكسد للمنجنيز تكون فى ملح ....

(أ) MnO_3 (ب) Mn_2O_7 (جـ) $KMnO_4$ (د) K_2MnO_4

فكرة الحـل :

* الجدول الآتى يوضح أعداد تأكسد المنجنيز فى المركبات المعبر عنها بالاختيارات :

المركب	عدد تأكسد Mn فى المركب
MnO_3	$0 = Mn + (-2 \times 3) \Rightarrow Mn = +6$
Mn_2O_7	$0 = 2Mn + (-2 \times 7) \Rightarrow 2Mn = +14 \Rightarrow Mn = +7$
$KMnO_4$	$0 = 1 + Mn + (-2 \times 4) \Rightarrow Mn = +7$
K_2MnO_4	$0 = 2 + Mn + (-2 \times 4) \Rightarrow Mn = +6$

ومنه يتضح أن أكبر حالة تأكسد للمنجنيز Mn تكون فى مركبى $KMnO_4$ ، Mn_2O_7

وعليه يتم استبعاد الاختيارين (أ) ، (د)

∵ Mn_2O_7 أكسيد وليس ملح.

∴ يستبعد الاختيار (ب)

الحـل : الاختيار الصحيح : (جـ)

2 الشكل البيانى المقابل : يعبر عن جهود تأين عنصر انتقالى رئيسى.

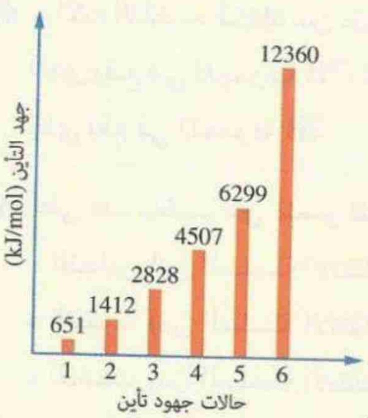
ما استخدام هذا العنصر ؟

(أ) صناعة طائرات الميج.

(ب) صناعة خطوط السكك الحديدية.

(جـ) صناعة زنبركات السيارات.

(د) صناعة البطاريات الجافة.



فكرة الحـل :

∵ جهد التأين السادس لهذا العنصر مرتفع جدًا مقارنةً بجهد تأينه الخامس.

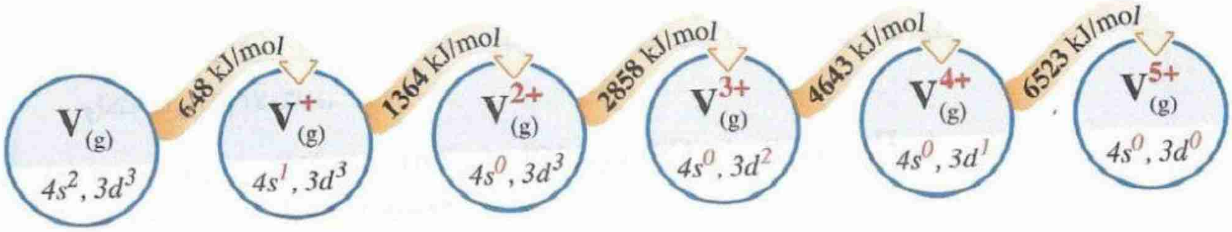
∴ أقصى حالة تأكسد لهذا العنصر تساوى 5+ وتكون لعنصر $_{23}V$

وعنصر الفانديوم يستخدم فى صناعة زنبركات السيارات.

الحـل : الاختيار الصحيح : (جـ)

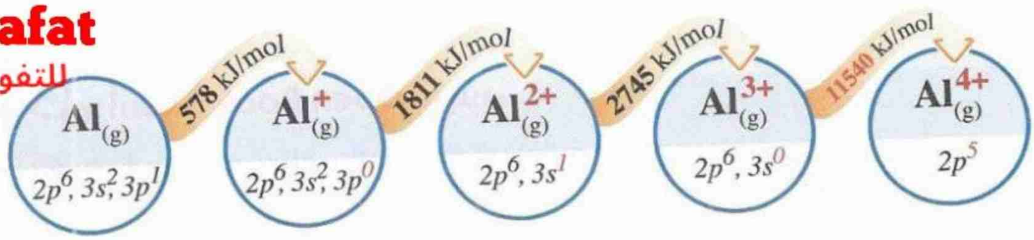
- **تزداد** طاقات التأين لذرة العنصر الانتقالى (من السلسلة الأولى) بالتدريج فى حالات التأكسد المتتالية، لتتابـع خـروج الإلكترونات من مسـتويين الطاقة $(4s)$ ، $(3d)$ المتقاربين فى الطاقة مما يؤدى إلى زيادة شـحنة النواة الفعالة وبالتالى زيادة قوة جذب النواة لإلكترونات التكافؤ فتزداد طاقة التأين.

تطبيق **جهود تأين الفانديوم (فلز انتقالى) مقدرة بوحدة kJ/mol فى حالات التأكسد المتتالية :**



- **فـى الفلزات الممثلة** مثل الصوديوم والماغنسـيوم والألومنيوم نجـد أن الزيادة فى جهد التأين الثانى للصوديوم والثالث للماغنسيوم والرابع للألومنيوم كبيرة جدًا، حيث يتسبب ذلك فى كسر مستوى طاقة مكتمل بالإلكترونات وهو ما يحتاج إلى قدر كبير من الطاقة.

تطبيق **جهود تأين الألومنيوم (فلز ممثل) مقدرة بوحدة kJ/mol :**



ملحوظات

(١) لا يكون عنصر السكانديوم مركبات يكون عدد تأكسده فيها (+4).

$_{21}Sc : [Ar], 4s^2 , 3d^1$

لأن ذلك سوف يتسبب فى كسر مستوى الطاقة الفرعى $3p$ المكتمل بالإلكترونات.

(٢) يصعب الحصول على أيونات Na^{2+} ، Mg^{3+} ، Al^{4+} فى التفاعلات الكيميائية العادية.

لأن الزيـادة فـى كل من جهد التأين الثانـى للصوديوم والثالث للماغنسـيوم والرابع للألومنيوم تكون كبيرة جدًا نتيجة كسر مستوى طاقة مكتمل بالإلكترونات وهو ما يحتاج إلى قدر كبير من الطاقة.

- **مما سبق يمكن تعريف** العنصر الذى تكون فيه أوربيتالات المستويات الفرعية (d) أو (f) مشغولة بالإلكترونات، لكنها غير تامة الامتلاء، سواء فى الحالة الذرية أو أى حالة من حالات التأكسد **بالعنصر الانتقالى.**

ملحوظات

(١) تعتبر فلزات العملة : النحاس ($_{29}Cu$) ، الفضة ($_{47}Ag$) ، الذهب ($_{79}Au$) من العناصر الانتقالية.

$_{29}Cu : [Ar], 4s^1 , 3d^{10} \xrightarrow{-2e^-} Cu^{2+} : [Ar], 3d^9$

$_{47}Ag : [Kr], 5s^1 , 4d^{10} \xrightarrow{-2e^-} Ag^{2+} : [Kr], 4d^9$

$_{79}Au : [Xe], 6s^1 , 4f^{14} , 5d^{10} \xrightarrow{-3e^-} Au^{3+} : [Xe], 4f^{14}, 5d^8$

لأنها فى حالتى التأكسد (+2 ، +3) يكون المستوى الفرعى (d) لكل منهم مشغول بالإلكترونات ولكنه غير تام الامتلاء.

(٢) لا تعتبر فلزات : الخارصين ($_{30}Zn$) ، الكادميوم ($_{48}Cd$) ، الزئبق ($_{80}Hg$) من العناصر الانتقالية النموذجية.

$_{30}Zn : [Ar], 4s^2 , 3d^{10} \xrightarrow{-2e^-} Zn^{2+} : [Ar], 3d^{10}$

$_{48}Cd : [Kr], 5s^2 , 4d^{10} \xrightarrow{-2e^-} Cd^{2+} : [Kr], 4d^{10}$

$_{80}Hg : [Xe], 6s^2 , 4f^{14} , 5d^{10} \xrightarrow{-2e^-} Hg^{2+} : [Xe], 4f^{14} , 5d^{10}$

لأن المستوى الفرعى (d) لذرة كل منهم يكون تام الامتلاء سواء فى الحالة الذرية أو فى حالة التأكسد الوحيدة (+2).

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: استكشاف عناصر السلسلة الانتقالية الأولى.

ادعى كيميائى اكتشاف عنصر جديد (X) يمكن وضعه فى الجدول الدورى أسفل عنصر السكانديوم، بناءً على أربع ملاحظات، هى :

(١) : عدد مستويات الطاقة فى ذرته أكبر مما فى ذرة السكانديوم.

(٢) : له أكثر من حالة تأكسد.

(٣) : تركيبه الإلكترونى الخارجى يتبع النظام : $ns^2 , (n-1)d^1 , ...$

(٤) : يتفاعل مع الأكسچين مكونًا مركب صيغته الكيميائية XO_2

الملاحظات السابقة تعتبر مناسبة بالنسبة لهذا العنصر، عدا ....

Ⓐ (١) ، (٢). Ⓑ (٢) ، (٣). Ⓒ (٢) ، (٤). Ⓓ (١) ، (٤).

(أ) (١) ، (٢). (ب) (٢) ، (٣). (ج) (٢) ، (٤). (د) (١) ، (٤).

فكرة الحل :

∵ عدد مستويات الطاقة فى ذرة العنصر يزداد فى المجموعة الواحدة بزيادة العدد الذرى.

∴ عدد مستويات الطاقة فى ذرة العنصر الذى يلى السكانديوم لابد وأن يكون أكبر مما فى ذرة السكانديوم.

وعليه يستبعد الاختيارين (أ) ، (د)

∵ عناصر المجموعة (3B) ينتهى توزيعها الإلكترونى بالمستويين الفرعيين : $ns^2 , (n-1)d^1 , ...$

∴ يستبعد الاختيار (ب)

الحل : الاختيار الصحيح : (ج)

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: التعرف على العنصر الانتقالى.

١ أى من مجموعات العناصر الآتية تتضمن عنصر انتقالى رئيسى واحد ؟

(أ) Ni ، Co ، Fe
(ب) Cd ، Ag ، Cu
(ج) Zn ، Ti ، Mn
(د) La ، Th ، Hg

فكرة الحل :

∵ عناصر الحديد Fe والكوبلت Co والنيكل Ni جميعها فلزات من عناصر السلسلة الانتقالية الأولى.
∴ يستبعد الاختيار (أ)

∵ عنصرى النحاس Cu والفضة Ag من العناصر الانتقالية (فلزات المجموعة 1B).
∴ يستبعد الاختيار (ب)

∵ عنصرى المنجنيز Mn والتيتانيوم Ti من فلزات السلسلة الانتقالية الأولى.
∴ يستبعد الاختيار (ج)

∵ الزئبق $_{80}Hg$ لا يعتبر من العناصر الانتقالية لأنه ينتمى للمجموعة (2B) وكذلك عنصر الثوريوم $_{90}Th$ الذى ينتمى إلى العناصر الانتقالية الداخلية، أما عنصر اللانثانيوم $_{57}La$ فهو عنصر انتقالى رئيسى يقع فى المجموعة (3B).
∴ عناصر Hg ، Th ، La تتضمن عنصر انتقالى رئيسى واحد.

الحل : الاختيار الصحيح : (د)

---

٢ أى مما يأتى يعبر عن التوزيع الإلكترونى لعنصر انتقالى رئيسى ؟

(أ) $1s^2, 2s^2, 2p^6, ..., ns^2, np^3$
(ب) $1s^2, 2s^2, 2p^6, ..., ns^2, np^6, nd^3, (n+1)s^2$
(ج) $1s^2, 2s^2, 2p^6, ..., ns^2, np^6, nd^{10}, (n+1)s^2$
(د) $1s^2, 2s^2, 2p^6, ..., ns^2, np^6$

فكرة الحل :

∵ العناصر الانتقالية الرئيسية يتتابع فيها امتلاء أوربيتالات المستوى الفرعى (d).
∴ يستبعد الاختيارين (أ) ، (د)

∵ العناصر الانتقالية يكون فيها أوربيتالات المستوى الفرعى (d) مشغولة بالإلكترونات ولكنها غير تامة الامتلاء.
∴ يستبعد الاختيار (ج)

الحل : الاختيار الصحيح : (ب)

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: تفسير سهولة أكسدة بعض الأيونات وصعوبة ذلك فى غيرها.

كل مما يلى يُعد صحيحًا بالنسبة لعناصر العملة، عدا ....

ⓐ يسهل أكسدة Cu^+ إلى Cu^{2+}

ⓑ يصعب أكسدة Au إلى Au^+

ⓒ يسهل أكسدة Ag^+ إلى Ag^{2+}

ⓓ تعدد حالات تأكسدها.

فكرة الحل :

عناصر العملة هى عناصر المجموعة (1B) وهى : $_{29}Cu$ ، $_{47}Ag$ ، $_{79}Au$

∵ حالات التأكسد الشائعة لعناصر العملة هى : Cu^{2+} ، Ag^+ ، Au^{3+}

∴ يستبعد الاختيارين ⓐ ، ⓑ

ومن المعلوم أن أيون Ag^+ يصعب أكسدته إلى الأيون Ag^{2+}

الحل : الاختيار الصحيح : ⓒ

تمهيدى الدرس الثانى

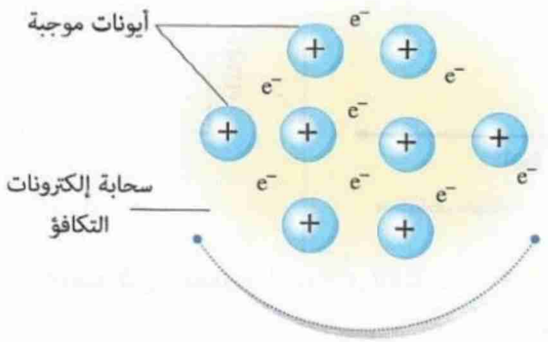
١ الرابطة الفلزية

لكل فلز شبكة بللورية تترتب فيها أيونات الفلز الموجبة بشكل معين،

وتحيط بها سحابة من إلكترونات التكافؤ الحرة وهو ما يقلل من قوى التنافر بينها

ويعرف هذا التجمع من أيونات الفلز الموجبة وإلكترونات التكافؤ

باسم **الرابطة الفلزية**



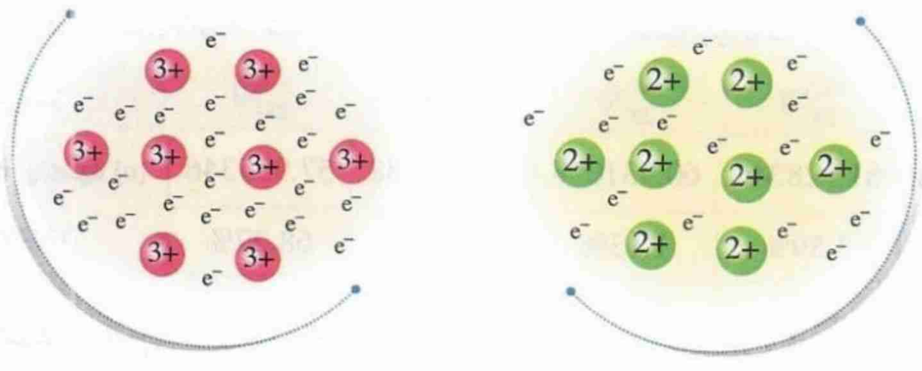
الرابطة الفلزية فى فلز أحادى التكافؤ

يلعب عدد إلكترونات التكافؤ فى ذرة الفلز **دورًا هامًا فى** قوة الرابطة الفلزية،

فكلما **ازداد عدد إلكترونات التكافؤ** فى ذرة الفلز، كلما **ازدادت قوة الرابطة الفلزية**

وبالتالى **تصبح الذرات أكثر تماسكًا** فى البللورة **فيكون الفلز أكثر صلابة**

وتكون **درجة انصهاره مرتفعة**



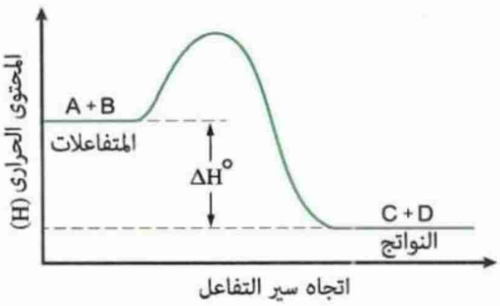
تزداد قوة الرابطة الفلزية بزيادة عدد إلكترونات التكافؤ

٢ التفاعلات الطاردة و التفاعلات الماصة للحرارة

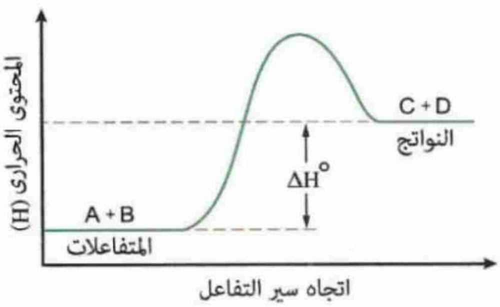
تصنف التفاعلات الكيميائية تبعًا للتغيرات الحرارية المصاحبة لها، إلى :

تفاعلات طـاردة للحرارة	تفاعلات ماصــة للحرارة
تفاعلات ينتج عنها **انطلاق** طاقة حرارية	تفاعلات يلزم لحدوثها **امتصاص** طاقة حرارية
$A + B \longrightarrow C + D \quad \Delta H^\circ = (-)$	$A + B \longrightarrow C + D \quad \Delta H^\circ = (+)$

المخطط العام للتفاعل



مخطط الطاقة للتفاعلات الطاردة للحرارة



مخطط الطاقة للتفاعلات الماصة للحرارة

التغير فى المحتوى الحرارى القياسى (ΔH°)

التفاعلات الطاردة للحرارة	التفاعلات الماصة للحرارة
قيمة ΔH° للتفاعلات الطاردة للحرارة تكون **بإشارة سالبة**	قيمة ΔH° للتفاعلات الماصة للحرارة تكون **بإشارة موجبة**
$\Delta H^\circ < 0$	$\Delta H^\circ > 0$

٣ الكتلة الذرية للعنصر

- تحسب **الكتلة الذرية** للعنصر **بمعلومية** الكتل الذرية النسبية لنظائره ونسبة وجود كل منها فى الطبيعة.

- **تطبيق** حساب الكتلة الذرية لعنصر النيكل $_{28}Ni$

الجدول التالى يوضح الكتل الذرية النسبية للنظائر الخمسة للنيكل ونسبة وجود كل منها :

النظيـــر	$^{58}_{28}Ni$	$^{60}_{28}Ni$	$^{61}_{28}Ni$	$^{62}_{28}Ni$	$^{64}_{28}Ni$
الكتلة الذرية النسبية (u)	57.935346	59.930788	60.931058	61.928346	63.927968
نسبة وجوده	68.27%	26.1%	1.13%	3.59%	0.91%

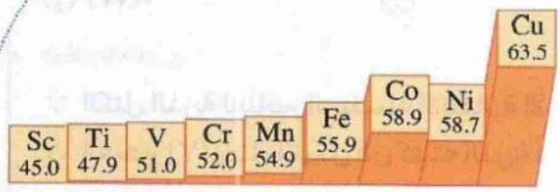
الكتلة الذرية للنيكل $= \left(57.935346 \times \frac{68.27}{100}\right) + \left(59.930788 \times \frac{26.1}{100}\right) + \left(60.931058 \times \frac{1.13}{100}\right) + \left(61.928346 \times \frac{3.59}{100}\right) + \left(63.927968 \times \frac{0.91}{100}\right) = 58.7\ u$

الخصائص العامة لعناصر السلسلة الانتقالية الأولى

1. الكتلة الذرية
2. نصف القطر الذرى
3. الخاصية الفلزية
4. الخواص المغناطيسية
5. النشاط الحفزى
6. الأيونات الملونة

١ خاصية الكتلة الذرية لعناصر السلسلة الانتقالية الأولى

- **تزداد** الكتلة الذرية لعناصر السلسلة الانتقالية الأولى تدريجيًا **بزيادة** العدد الذرى، ويشذ عن ذلك عنصر النيكل، **لوجود** خمسة نظائر مستقرة للنيكل، المتوسط الحسابى لكتلها الذرية 58.7 u

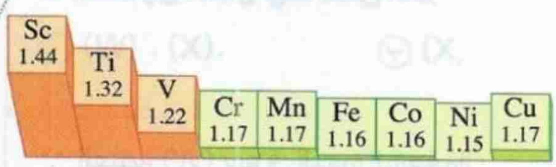


الكتل الذرية لعناصر السلسلة الانتقالية الأولى مقدرة بوحدة الكتل الذرية u
(القيم للاطلاع فقط)

٢ خاصية نصف القطر الذرى لعناصر السلسلة الانتقالية الأولى

يلاحظ من الشكل المقابل ما يلى :

١. **التناقص** فى **الحجم الذرى** لعناصر السلسلة الانتقالية الأولى لا يكون كبيرًا.
٢. **الثبات** النسبى **لأنصاف الأقطار الذرية** من الكروم Cr إلى النحاس Cu



أنصاف أقطار ذرات عناصر السلسلة الانتقالية الأولى مقدرة بوحدة الأنجستروم Å
(القيم للاطلاع فقط)

- **يرجع ذلك إلى عاملين متعاكسين، هما :**

العامل الأول: زيادة كل من شحنة النواة الفعالة والعدد الكلى للإلكترونات – بزيادة العدد الذرى لهذه العناصر – يعمل على زيادة قوى جذب النواة للإلكترونات مما يؤدى إلى **نقص نصف القطر الذرى.**

العامل الثانى: زيادة عدد إلكترونات المستوى الفرعى $3d$، يزيد من قوى التنافر بينها، مما يؤدى إلى **زيادة نصف القطر الذرى.**

فسـر: استخدام عناصر السلسلة الانتقالية الأولى فى إنتاج السبائك.

بسبب الثبات النسبى لأنصاف أقطار ذرات هذه العناصر.

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: استنتاج خواص العناصر الانتقالية.

١ الجدول التالى يوضح الكتل الذرية مقدرة بوحدة u لثمانية عناصر متتالية من السلسلة الانتقالية الأولى :

العنصر	(W)	(X)					(Y)	(Z)
الكتلة الذرية (u)	47.867	50.942	51.996	54.938	55.845	58.933	58.693	63.546

أى من هذه العناصر يمثل عنصر النيكل ؟

Ⓐ (W). Ⓑ (X). Ⓒ (Y). Ⓓ (Z).

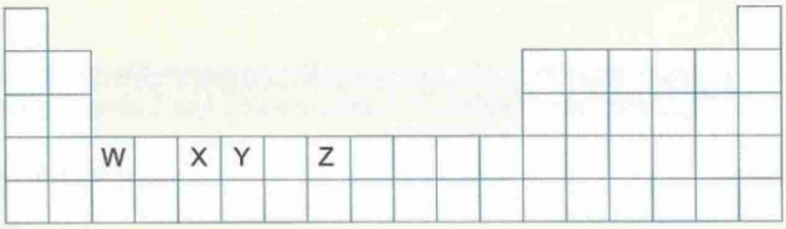
فكـرة الحـل :

∵ الكتل الذرية لعناصر السلسلة الانتقالية الأولى تزداد تدريجيًا بزيادة أعدادها الذرية، باستثناء عنصر النيكل.

∴ العنصر (Y) يمثل النيكل لأن كتلته الذرية أقل من الكتلة الذرية للعنصر الذى يسبقه مباشرةً فى السلسلة.

الحـل : الاختيار الصحيح : Ⓒ

٢ الشكل التالى يوضح مقطع من الجدول الدورى الحديث :



ما العنصران اللذان لهما نفس الحجم الذرى تقريبًا ؟

Ⓐ (W) ، (X). Ⓑ (X) ، (Y). Ⓒ (Y) ، (Z). Ⓓ (X) ، (Z).

فكـرة الحـل :

∵ العنصر (W) يقع فى الدورة الرابعة والمجموعة 3B

∴ العنصر (W) هو السكانديوم (عدده الذرى 21)

وعليه فإن :

- العنصر (X) : الفانديوم $_{23}V$
- العنصر (Y) : الكروم $_{24}Cr$
- العنصر (Z) : الحديد $_{26}Fe$

∵ الحجم الذرى يشهد ثباتًا من الكروم $_{24}Cr$ إلى النحاس $_{29}Cu$

∴ عنصرى الكروم والحديد لهما نفس الحجم الذرى تقريبًا.

الحـل : الاختيار الصحيح : Ⓒ

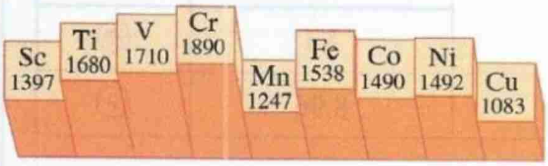
٣ الخاصية الفلزية لعناصر السلسلة الانتقالية الأولى

◂ تظهر الخاصية الفلزية بوضوح بين عناصر هذه السلسلة، **ويتضح ذلك فيما يلى :**

أ جميعها فلزات صلبة تمتاز بالبريق و اللمعان و جودة التوصيل للحرارة و الكهرباء.

ب ارتفاع درجتى انصهارها وغليانها :

◂ تتميز عناصر السلسلة الانتقالية الأولى **بارتفاع** درجتى انصهارها وغليانها، وذلك **لقوة** الرابطة الفلزية فى هذه العناصر، والتى ترجع لزيادة عدد الإلكترونات المكونة لها نتيجة اشتراك إلكترونات المستويين الفرعيين $4s$ ، $3d$ فى هذا الترابط.



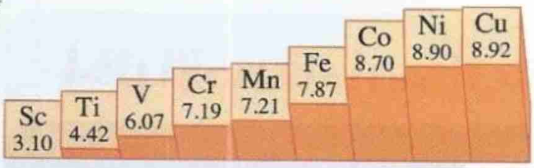
تدرج درجات انصهار (°C) عناصر السلسلة الانتقالية الأولى
(القيم للاطلاع فقط)

للإيضاح فقط

رغم احتواء المستوى الفرعى $3d$ فى Mn على 5 إلكترونات مفردة، إلا أن قوة رابطته الفلزية أقل من المتوقع نتيجة لارتباط هذه الإلكترونات بشدة بالنواة، وهو ما يضعف من قوة الرابطة الفلزية فيه.

ج ارتفاع قيم كثافتها :

◂ **تزداد** كثافة عناصر السلسلة الانتقالية الأولى بزيادة العدد الذرى، **للزيادة** الحادثة فى كتلها الذرية مع الثبات النسبى لأحجامها الذرية.



تدرج الكثافة النسبية (g/cm^3) لعناصر السلسلة الانتقالية الأولى
(القيم للاطلاع فقط)

د تباين نشاطها الكيميائى :

◂ **تتباين** فلزات السلسلة الانتقالية الأولى **فى نشاطها الكيميائى، فعنصر :**

- السكانديوم **شديد النشاط**، يحل محل هيدروچين الماء فى تفاعل عنيف.
- الحديد **متوسط النشاط**، يصدأ عند تعرضه للهواء الرطب.
- النحاس **محدود النشاط.**

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: استنتاج خواص عناصر انتقالية.

أى مما يلى يُعبر عن خواص فلز انتقالى ؟

الاختيارات	الكثافة (g/cm^3)	درجة الانصهار (°C)	درجة الغليان (°C)
أ	0.97	98	883
ب	2.64	69	382
ج	3.1	–7	59
د	8.96	1085	2562

فكرة الحل :

∵ الفلزات الانتقالية تتميز بارتفاع كثافتها (كثافتها أكبر من كثافة الماء $1\ g/cm^3$).

∴ يستبعد الاختيار (أ)

∵ الفلزات تتميز بارتفاع درجتى انصهارها وغليانها.

∴ يستبعد الاختيارين (ب) ، (ج)

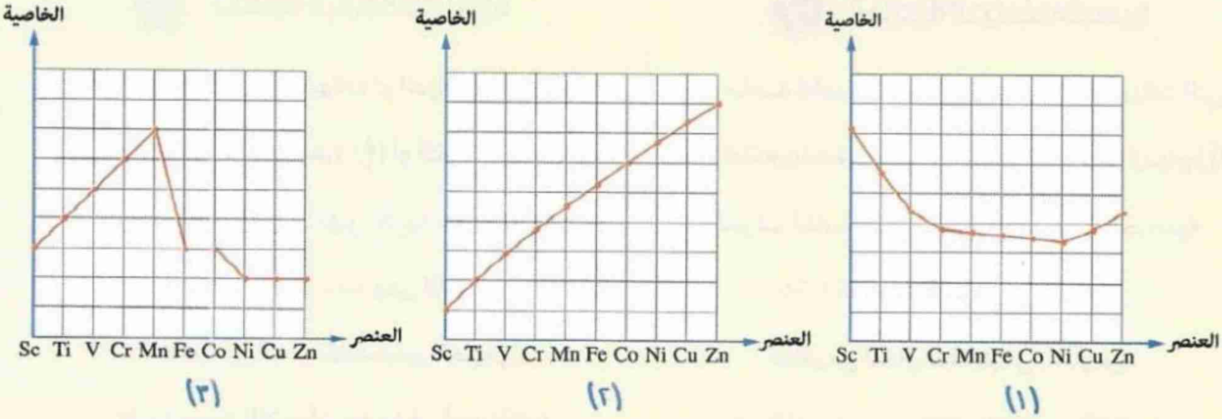
الحل : الاختيار الصحيح : (د)



أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: تفسير التدرج فى بعض خواص عناصر السلسلة الانتقالية الأولى بزيادة أعدادها الذرية.

الأشكال البيانية الآتية توضح تدرج ثلاث خصائص لعناصر السلسلة الانتقالية الأولى :



أى مما يأتى يعبر عن الخاصية التى يوضحها كل شكل من الأشكال البيانية السابقة ؟

الاختيارات	تدرج خاصية نصف القطر الذرى	تدرج خاصية الشحنة النووية الفعالة	تدرج خاصية أعلى حالة تأكسد شائعة
ⓐ (أ)	(١)	(٢)	(٣)
(ب)	(٣)	(٢)	(١)
(جـ)	(١)	(٣)	(٢)
(د)	(٢)	(١)	(٣)

فكرة الحل :

∵ نصف القطر الذرى لعناصر السلسلة الانتقالية الأولى يقل بزيادة العدد الذرى لها، ثم يشهد ثبات نسبى من الكروم Cr إلى النحاس Cu

∴ الشكل (١) يعبر فيه المحور الرأسى عن تدرج خاصية نصف القطر الذرى لعناصر السلسلة الانتقالية الأولى.

وعليه يتم استبعاد الاختيارين (ب) ، (د)

∵ الشحنة النووية الفعالة لعناصر السلسلة الانتقالية الأولى تزداد بزيادة العدد الذرى لها.

∴ الشكل (٢) يعبر فيه المحور الرأسى عن تدرج خاصية الشحنة النووية الفعالة.

الحل : الاختيار الصحيح : (أ)

٤ الخواص المغناطيسية لعناصر السلسلة الانتقالية الأولى

شاهد الفيديو

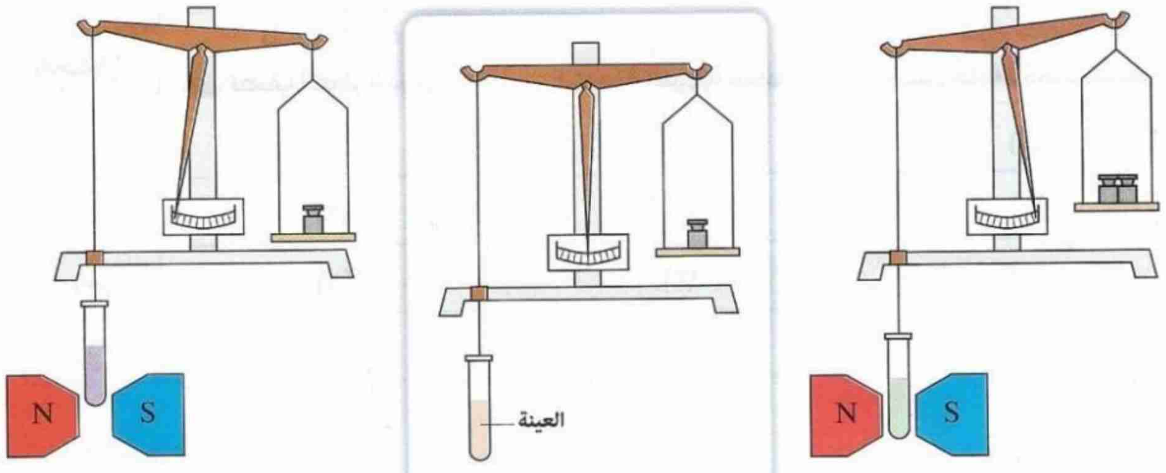
◂ كان لدراسة الخواص المغناطيسية الفضل الكبير فى فهم كيمياء العناصر الانتقالية، وهناك **أنواع مختلفة من الخواص المغناطيسية**. **نستعرض منها نوعان، هما :**

أ الخاصية البارامغناطيسية

هى خاصية تظهر فى الأيونات أو الذرات أو الجزيئات التى تحتوى على إلكترون مفرد (↿) أو أكثر فى أوربيتالاتها، وتعرف المادة التى تظهر عليها هذه الخاصية **بالمادة البارامغناطيسية** وهى المادة التى تتجاذب مع المجال المغناطيسى الخارجى، نتيجة وجود إلكترونات مفردة فى أوربيتالاتها

ب الخاصية الديامغناطيسية

هى خاصية تظهر فى الأيونات أو الذرات أو الجزيئات التى تكون الإلكترونات فى جميع أوربيتالاتها فى حالة ازدواج (⇅)، وتعرف المادة التى تظهر عليها هذه الخاصية **بالمادة الديامغناطيسية** وهى المادة التى تتنافر مع المجال المغناطيسى الخارجى، نتيجة لوجود جميع إلكتروناتها فى حالة ازدواج



يزداد الوزن الظاهرى للعينة لتجاذب المادة البارامغناطيسية مع المجال المغناطيسى

وزن العينة الحقيقى فى غياب المجال المغناطيسى

يقل الوزن الظاهرى للعينة لتنافر المادة الديامغناطيسية مع المجال المغناطيسى

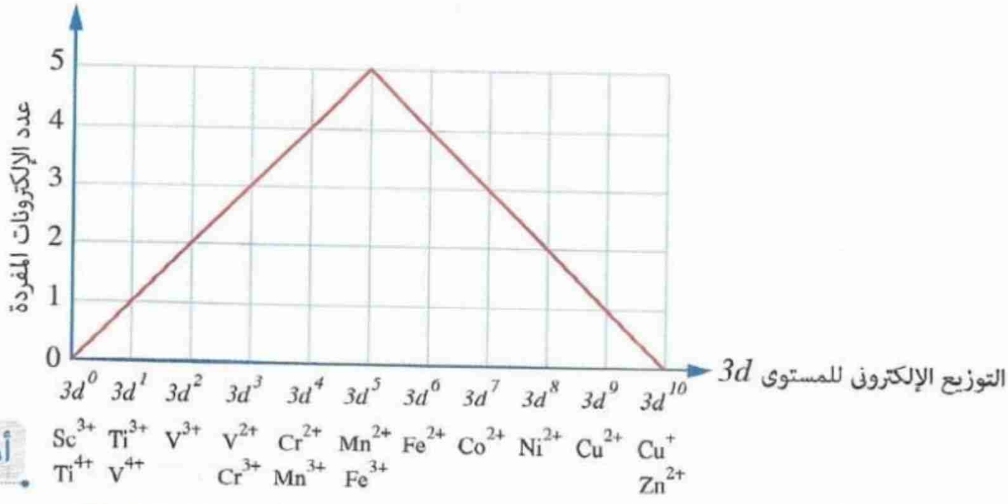
ملحوظة

معظم الفلزات الانتقالية ومركباتها مواد بارامغناطيسية (تتجاذب مع المجال المغناطيسى الخارجى).

لأن حركة الإلكترونات المفردة حول محورها فى المستوى الفرعى (d) الأخير تنتج مجالات مغناطيسية تتجاذب مع المجال المغناطيسى الخارجى.

◂ **تتناسب قوى الجذب المغناطيسى** فى المواد البارامغناطيسية **طرديًا مع عدد الإلكترونات المفردة.**

العزم المغناطيسى للمواد البارامغناطيسية و الديامغناطيسية



الإلكترونات المفردة فى أيونات عناصر السلسلة الانتقالية الأولى

- العزم المغناطيسى للمادة هو خاصية يمكن عن طريق قياسها أو تقديرها تحديد عدد الإلكترونات المفردة فى المادة، ومن ثم تحديد التركيب الإلكترونى لها أو لأيون الفلز الخاص بها.

- زيادة العزم المغناطيسى للمادة يدل على زيادة **عدد الإلكترونات المفردة** فى أوربيتالات المستوى الفرعى (d) الأخير فيها.

- العزم المغناطيسى **للمواد الديامغناطيسية يساوى صفر**، لأن كل إلكترونين مزدوجين يعملان فى **اتجاهين متضادين**.

للإيضاح فقط

يُحسب العزم المغناطيسى μ للعناصر أو الأيونات من العلاقة $\mu = \sqrt{n(n+2)}$ ، حيث n هى عدد الإلكترونات المفردة فى الذرة أو الأيون ويقدر بوحدة (BM)

ملحوظة

العزم المغناطيسى للمنجنيز $_{25}Mn$ أكبر من العزم المغناطيسى للكوبلت $_{27}Co$

$_{25}$**Mn :** [Ar], $4s^2$, $3d^5$ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ «العزم المغناطيسى : 5.916 BM»

$_{27}$**Co :** [Ar], $4s^2$, $3d^7$ ⇅ ⇅ ↑ ↑ ↑ «العزم المغناطيسى : 3.87 BM»

لأن المستوى الفرعى $(3d)$ فى $_{25}Mn$ يحتوى على 5 إلكترونات مفردة، بينما فى $_{27}Co$ يحتوى على 3 إلكترونات مفردة فقط، والعزم المغناطيسى للمادة يزداد بزيادة عدد الإلكترونات المفردة فى المستوى الفرعى (d) الأخير فيها.

مثال ١

صنف المواد التالية إلى مواد ديامغناطيسية و مواد بارامغناطيسية :

- الخارصين Zn
- كلوريد النحاس (II) Cu^{2+}
- أيون النيكل (II) Ni^{2+}
- كلوريد الحديد (II) Fe^{2+}

Zn = 30
Cu = 29
Ni = 28
Fe = 26

الحل

المادة	التوزيع الإلكترونى لأوربيتالات المستوى الفرعى (3d)	عدد الإلكترونات المفردة	الخاصية المغناطيسية
الخارصين Zn	$3d^{10}$ ⇅ ⇅ ⇅ ⇅ ⇅	zero	ديامغناطيسية
كلوريد النحاس (II) Cu^{2+}	$3d^{9}$ ⇅ ⇅ ⇅ ⇅ ↑	1	بارامغناطيسية
أيون النيكل (II) Ni^{2+}	$3d^{8}$ ⇅ ⇅ ⇅ ↑ ↑	2	بارامغناطيسية
كلوريد الحديد (II) Fe^{2+}	$3d^{6}$ ⇅ ↑ ↑ ↑ ↑	4	بارامغناطيسية

مثال ٢

رتب كاتيونات المركبات الآتية تصاعديًا، حسب عزمها المغناطيسى :

- أكسيد التيتانيوم (III) Ti_2O_3
- أكسيد الكروم (III) Cr_2O_3
- كلوريد النحاسوز $CuCl$
- كلوريد الحديد (III) $FeCl_3$

Ti = 22
Cr = 24
Cu = 29
Fe = 26

فكرة الحل

يزداد العزم المغناطيسى للمادة بزيادة عدد الإلكترونات المفردة فى المستوى الفرعى (d) الأخير فيها.

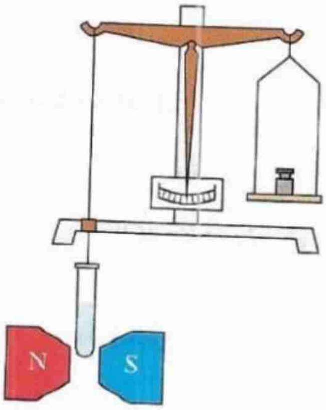
المادة	الكاتيون	التوزيع الإلكترونى لأوربيتالات المستوى الفرعى (3d)	عدد الإلكترونات المفردة
Ti_2O_3	Ti^{3+}	$3d^{1}$ ↑	1
Cr_2O_3	Cr^{3+}	$3d^{3}$ ↑ ↑ ↑	3
$CuCl$	Cu^{+}	$3d^{10}$ ⇅ ⇅ ⇅ ⇅ ⇅	zero
$FeCl_3$	Fe^{3+}	$3d^{5}$ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑	5

الحل

$$Fe^{3+} > Cr^{3+} > Ti^{3+} > Cu^{+}$$

مثال ٣

في الشكل المقابل : أى الأيونات التالية عند وضع مركباتها في أنبوبة الاختبار تجعل حركة مؤشر الميزان أكثر انحرافًا ؟ مع التفسير : [V = 23 , Cr = 24 , Mn = 25 , Co = 27]



- V^{3+}
- Cr^{3+}
- Mn^{2+}
- Co^{2+}

الحل

- Co^{2+} : [Ar], $3d^7$ [↑↓ | ↑↓ | ↑ | ↑ | ↑]
- Mn^{2+} : [Ar], $3d^5$ [↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑]
- Cr^{3+} : [Ar], $3d^3$ [↑ | ↑ | ↑ | |]
- V^{3+} : [Ar], $3d^2$ [↑ | ↑ | | |]

أيون Mn^{2+} / لأن عزمه المغناطيسى هو الأكبر، حيث يحتوى على 5 إلكترونات مفردة فى المستوى الفرعى $3d$

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: تحديد المواد الديامغناطيسية والبارامغناطيسية من التركيب الإلكترونى للعنصر الانتقالى.

١ أى الأيونات الآتية يعتبر بارامغناطيسى ؟

Ⓐ Co^{3+} Ⓑ Ag^{+}

Ⓒ Cd^{2+} Ⓓ Sc^{3+}

(أ) Co^{3+} (ب) Ag^{+} (جـ) Cd^{2+} (د) Sc^{3+}

فكرة الحل :

المادة البارامغناطيسية تتميز بوجود إلكترونات مفردة فى أوربيتالاتها.

- $_{27}Co$: [Ar], $3d^7$, $4s^2$ ⟶ Co^{3+} : [Ar], $3d^6$ [↑↓ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑]

∵ المستوى الفرعى $3d$ فى Co^{3+} يحتوى على أربعة إلكترونات مفردة.

∴ الأيون Co^{3+} يعتبر بارامغناطيسى.

الحل : الاختيار الصحيح : (أ)

٢ أى الأيونات الآتية يكون عزمها المغناطيسى أكبر ما يمكن ؟

ⓐ Fe^{2+} ⓑ Fe^{3+} ⓒ Cr^{3+} ⓓ Mn^{3+}

فكرة الحل :

يزداد العزم المغناطيسى للمادة بزيادة عدد الإلكترونات المفردة فى أوربيتالات المستوى الفرعى (d) الأخير فيها.

- $_{26}Fe : [Ar], 3d^6, 4s^2 \longrightarrow Fe^{2+} : [Ar], 3d^6$ [↑↓ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑] «4 إلكترونات مفردة»
- $_{26}Fe : [Ar], 3d^6, 4s^2 \longrightarrow Fe^{3+} : [Ar], 3d^5$ [↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑] «5 إلكترونات مفردة»
- $_{24}Cr : [Ar], 3d^5, 4s^1 \longrightarrow Cr^{3+} : [Ar], 3d^3$ [↑ | ↑ | ↑ | |] «3 إلكترونات مفردة»
- $_{25}Mn : [Ar], 3d^5, 4s^2 \longrightarrow Mn^{3+} : [Ar], 3d^4$ [↑ | ↑ | ↑ | ↑ |] «4 إلكترونات مفردة»

∵ أيون Fe^{3+} يحتوى على العدد الأكبر من الإلكترونات المفردة.

∴ أيون Fe^{3+} أكبر هذه الأيونات عزم مغناطيسى.

الحل : الاختيار الصحيح : ⓑ

---

٣ أى المواد الآتية يقل وزنها عند وضعها فى مجال مغناطيسى خارجى ؟

ⓐ VCl_3 ⓑ $ScCl_3$ ⓒ $TiCl_3$ ⓓ $FeCl_3$

فكرة الحل :

المـادة الديامغناطيسـية هى المادة الـتى تتنافر مع المجـال المغناطيسى الخارجى لوجـود جميع إلكتروناتها فى حالة ازدواج وبالتالى يقل وزنها الظاهرى، عند وضعها فى مجال مغناطيسى.

- $_{23}V : [Ar], 3d^3, 4s^2 \longrightarrow V^{3+} : [Ar], 3d^2$ [↑ | ↑ | | |]

∵ مركب VCl_3 مادة بارامغناطيسية، لوجود إلكترونين مفردين فى أوربيتالات المستوى الفرعى $3d$ لأيون V^{3+}

∴ يستبعد الاختيار ⓐ

- $_{21}Sc : [Ar], 3d^1, 4s^2 \longrightarrow Sc^{3+} : [Ar], 3d^0$ [| | | |]

∵ مركب $ScCl_3$ مادة ديامغناطيسية، لعـدم وجود إلكترونات مفردة فى أوربيتالات المستوى الفرعى $3d$ لأيون Sc^{3+}

∴ يقل الوزن الظاهرى لهذه المادة عند وضعها فى مجال مغناطيسى خارجى.

الحل : الاختيار الصحيح : ⓑ

❹ يقدر العزم المغناطيسى μ للعناصر أو الأيونات بوحدة (BM) ويحسب من العلاقة $\mu = \sqrt{n(n+2)}$ ،
حيث n هى عدد الإلكترونات المفردة فى الذرة أو الأيون.
ما مقدار عدد تأكسد المنجنيز عندما تكون قيمة μ له تساوى 3.87 BM ؟

Ⓐ +2　Ⓑ +3　Ⓒ +4　Ⓓ +5

فكـرة الحـل :
يتـم حسـاب عـدد الإلكترونـات المفـردة فى كل حالـة مـن حـالات التأكسـد والتعويـض عنهـا فى العلاقة $\mu = \sqrt{n(n+2)}$ كما بالجدول التالى والاختيار الصحيح هو الذى يكون له μ يساوى 3.87 BM

• $_{25}Mn : [Ar], 4s^2, 3d^5$

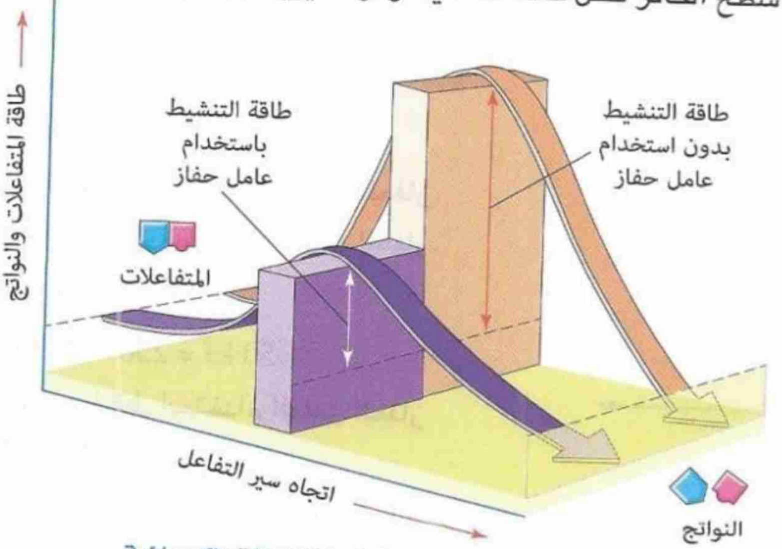
الاختيارات	حالة تأكسد المنجنيز	عدد الإلكترونات المفردة (n)	العزم المغناطيسى
Ⓐ	+2	5	$\mu = \sqrt{5(5+2)} = 5.92$ BM
Ⓑ	+3	4	$\mu = \sqrt{4(4+2)} = 4.89$ BM
Ⓒ	+4	3	$\mu = \sqrt{3(3+2)} = 3.87$ BM
Ⓓ	+5	2	$\mu = \sqrt{2(2+2)} = 2.83$ BM

الحـل : الاختيار الصحيح : Ⓒ

٥ النشاط الحفزى لعناصر السلسلة الانتقالية الأولى

◂ تعتبر الفلزات الانتقالية عوامل حفز مثالية، **لاشتراك** إلكترونات المستويين الفرعيين $3d$ ، $4s$ فى تكوين روابط بين الجزيئـات المتفاعلة و ذرات سـطح الفلز (الحافز)، مما يـؤدى إلى إضعاف الروابط بين ذرات الجزيئات المتفاعلة وزيادة تركيز المتفاعلات على سطح الحافز فتقل طاقة التنشيط وهو ما يزيد من سرعة التفاعل.

مفهـوم طاقـة التنشـيط سـوف يتم التعرف عليه فى الباب الثالث



الدور الذى يلعبه العامل الحفاز فى التفاعلات الكيميائية

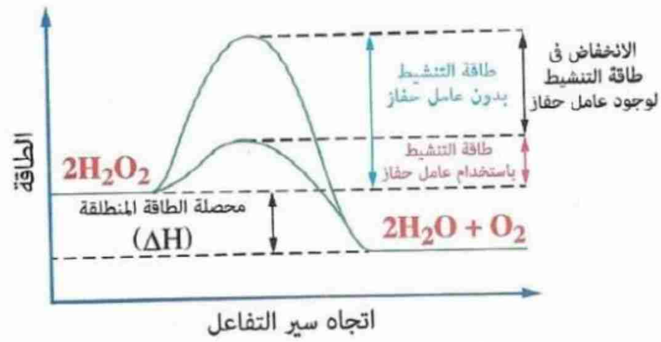
أمثلة على العوامل الحفازة

١ ثانى أكسيد المنجنيز :

يستخدم فى تفاعل انحلال فوق أكسيد الهيدروچين H_2O_2 (تفاعل طارد للحرارة).

شاهد الفيديو

$$2H_2O_{2(l)} \xrightarrow{MnO_2} 2H_2O_{(l)} + O_{2(g)}$$



أثر MnO_2 كعامل حفاز فى تفاعل انحلال H_2O_2

٢ النيكل المجزأ :

يستخدم فى عمليات هدرجة الزيوت.

٣ الحديد المجزأ :

يستخدم فى تحضير غاز النشادر فى الصناعة بطريقة (هابر – بوش).

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \xrightarrow[Fe]{500^\circ C / 200\ atm} 2NH_{3(g)}$$

٤ خامس أكسيد الڤانديوم (V_2O_5) :

يستخدم فى تحضير حمض الكبريتيك فى الصناعة **بطريقة التلامس**.

$$\underset{\text{ثانى أكسيد الكبريت}}{2SO_{2(g)}} + O_{2(g)} \xrightarrow[450^\circ C]{V_2O_5} \underset{\text{ثالث أكسيد الكبريت}}{2SO_{3(g)}}$$

$$\underset{\text{ثالث أكسيد الكبريت}}{SO_{3(g)}} + H_2O_{(l)} \longrightarrow \underset{\text{حمض الكبريتيك}}{H_2SO_{4(aq)}}$$

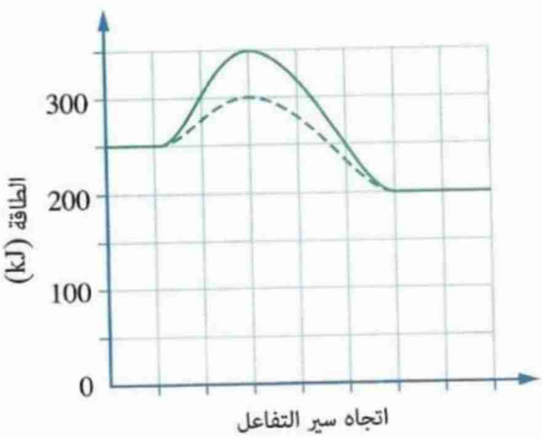
مثال ١

الشكل البيانى المقابل يُعبر عن أحد التفاعلات الكيميائية،
احسب كل من :

(١) قيمة (ΔH) للتفاعل.

(٢) طاقة التنشيط قبل استخدام العامل الحفاز.

(٣) طاقة التنشيط بعد استخدام العامل الحفاز.



الحل

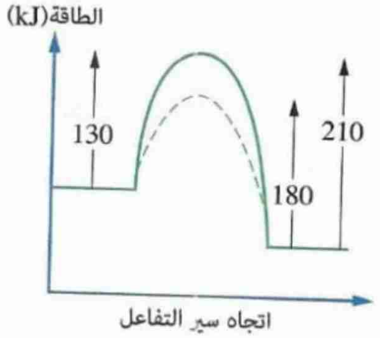
(١) $\Delta H = 200 - 250 = -50\ kJ$

(٢) طاقة التنشيط قبل استخدام العامل الحفاز
$= 350 - 250 = 100\ kJ$

(٣) طاقة التنشيط بعد استخدام العامل الحفاز
$= 300 - 250 = 50\ kJ$

مثال ٢

الشكل البيانى المقابل يعبر عن طاقة تنشيط أحد التفاعلات قبل وبعد استخدام عامل حفاز، احسب طاقة تنشيط التفاعل المحفز.



الحل

الانخفاض فى طاقة التنشيط لوجود عامل حفاز

(الفرق بين طاقتى التنشيط قبل وبعد استخدام العامل الحفاز)

$= 210 - 180 = 30$ kJ

طاقة تنشيط التفاعل المحفز $= 130 - 30 = 100$ kJ

حل آخر

محصلة الطاقة المنطلقة من التفاعل $= 210 - 130 = 80$ kJ

طاقة تنشيط التفاعل المحفز $= 180 - 80 = 100$ kJ

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: شرح سبب استخدام عناصر السلسلة الانتقالية الأولى كعوامل حفز.

١ أيونى مركب كبريتات الأمونيوم يشتقا من نواتج كل من عملية التلامس وعملية هابر – بوش وكلا العمليتان يستخدم فيهما عامل حفاز. أى مما يأتى يعبر عن إحدى هاتين العمليتين ؟

الاختيارات	الأيون	يشتق من	العملية	العامل الحفاز
(أ)	الأمونيوم	النشادر	التلامس	الحديد
(ب)	الأمونيوم	النشادر	هابر – بوش	خامس أكسيد الفاناديوم
(ج)	الكبريتات	حمض الكبريتيك	التلامس	خامس أكسيد الفاناديوم
(د)	الكبريتات	حمض الكبريتيك	هابر- بوش	الحديد

فكرة الحل :

∵ أيون الأمونيوم NH_4^+ مصدره النشادر NH_3 والذى يُحضر فى الصناعة بطريقة هابر – بوش، وأيون الكبريتات SO_4^{2-} مصدره حمض الكبريتيك H_2SO_4 والذى يُحضر فى الصناعة بطريقة التلامس.

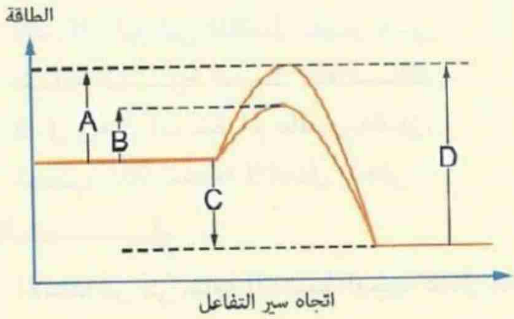
∴ يستبعد الاختيارين (أ) ، (د)

∵ العامل الحفاز المستخدم فى صناعة النشادر بطريقة هابر – بوش هو الحديد، بينما العامل الحفاز المستخدم فى صناعة حمض الكبريتيك بطريقة التلامس هو خامس أكسيد الفاناديوم.

∴ يستبعد الاختيار (ب)

الحل : الاختيار الصحيح : (ج)

٢ الشكل المقابل : يعبر عن مخطط الطاقة لأحد التفاعلات الكيميائية.
ما الحرف الدال على طاقة التنشيط عند استخدام عامل حفاز ؟



أ A
ب B
ج C
د D

فكرة الحل :

∵ مخطط الطاقة يعبر عن تفاعل طارد للحرارة.

∴ كل من A ، B يمثلان طاقة تنشيط المتفاعلات لتكوين النواتج.

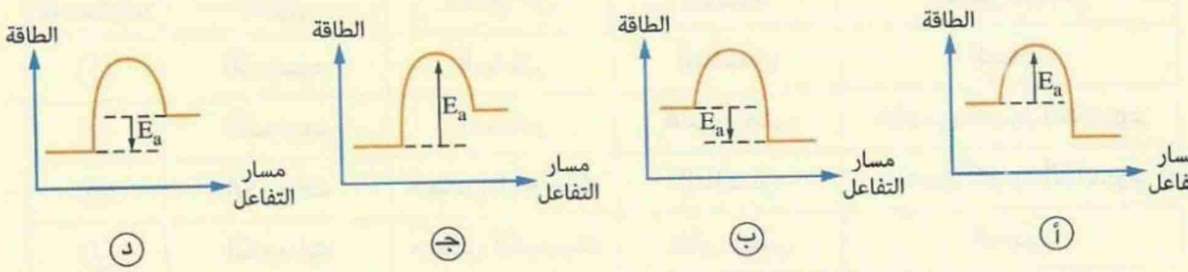
∵ مقدار الطاقة B أصغر من مقدار الطاقة A ، ومن المعروف أن العامل الحفاز يقلل من طاقة تنشيط التفاعل.

∴ B تدل على طاقة تنشيط التفاعل عند استخدام عامل حفاز.

الحل : الاختيار الصحيح : ب

---

٣ أى الأشكال البيانية الآتية يعبر عن تفاعل ماص للحرارة طاقة تنشيطه E_a ؟



فكرة الحل :

∵ التفاعل الماص للحرارة تكون طاقة المتفاعلات فيه أقل من طاقة النواتج.

∴ يستبعد الاختيارين أ ، ب

∵ الفرق بين طاقة النواتج وطاقة المتفاعلات يمثل ΔH للتفاعل وليس طاقة تنشيط التفاعل E_a

∴ يستبعد الاختيار د

الحل : الاختيار الصحيح : ج

٦ تنوع ألوان أيونات العناصر الانتقالية

تفسير اللون فى المواد

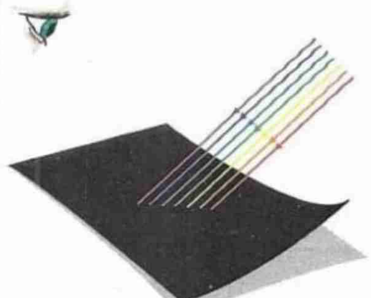
تمتص المواد الملونة **بعض** فوتونات الضوء المرئى،

وما تراه العين هو **محصلة مخلوط الألوان المتبقية** (الألوان المنعكسة)

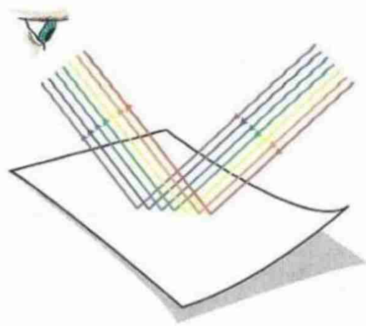
والتى يطلق عليها **اللون المتمم للون الممتص**

فإذا

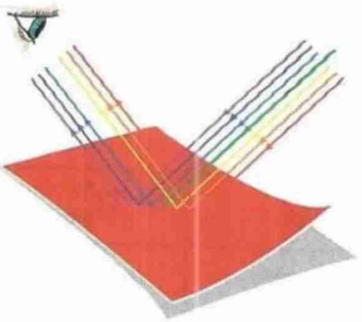
امتصت المادة **جميع** ألوان الطيف



لم تمتص المادة **أيًا من** ألوان الطيف



امتصت المادة **لونًا معينًا** (مثل الأخضر)

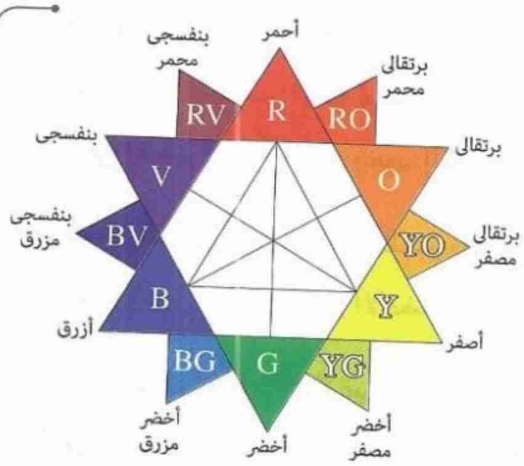


تظهر المادة

- باللون الأسود
- باللون الأبيض
- باللون المتمم للون الممتص (اللون الأحمر فى هذه الحالة)

وفيما يلى بعض الألوان الممتصة والألوان المتممة لها :

اللون الممتص		اللون المتمم
برتقالى Orange	⇌	أزرق Blue
أصفر Yellow	⇌	بنفسجى Violet
أحمر Red	⇌	أخضر Green



أزواج الألوان المتممة

عند اتحاد أى ضوء (لون) مع الضوء (اللون) المتمم له يتكون ضوء (لون) أبيض



البرتقالى و الأزرق　الأصفر و البنفسجى　الأحمر و الأخضر

عند اتحاد أى ضوء مع الضوء المتمم له يتكون ضوء أبيض

العلاقة بين ألوان أيونات العناصر الانتقالية وتركيبها الإلكترونى

◂ معظم مركبات العناصر الانتقالية ومحاليلها المائية ملونة، **كما يتضح من الجدولين التاليين :**

الأيون المتهدرت	عدد إلكترونات (3d)	اللون
$Sc^{3+}_{(aq)}$	$3d^0$	عديم اللون
$Ti^{3+}_{(aq)}$	$3d^1$	بنفسجى محمر
$V^{3+}_{(aq)}$	$3d^2$	أزرق
$Cr^{3+}_{(aq)}$	$3d^3$	أخضر
$Mn^{3+}_{(aq)}$	$3d^4$	بنفسجى
$Mn^{2+}_{(aq)}$	$3d^5$	أحمر وردى

الأيون المتهدرت	عدد إلكترونات (3d)	اللون
$Fe^{3+}_{(aq)}$	$3d^5$	أصفر
$Fe^{2+}_{(aq)}$	$3d^6$	أخضر
$Co^{2+}_{(aq)}$	$3d^7$	أحمر
$Ni^{2+}_{(aq)}$	$3d^8$	أخضر
$Cu^{2+}_{(aq)}$	$3d^9$	أزرق
$Zn^{2+}_{(aq)}$ ، $Cu^{+}_{(aq)}$	$3d^{10}$	عديم اللون

«الجداول للاطلاع فقط»

◂ **ويتضح من الجدولين السابقين أن :**

- معظم أيونات العناصر الانتقالية ملونة، **بسبب** الامتلاء الجزئى لأوربيتالات المستوى الفرعى الأخير $(d^{1:9})$ أى وجود إلكترونات مفردة فى المستوى الفرعى d

- مركبـات الكـروم (III) Cr^{3+} تظهـر باللـون الأخضر، **لأنها** تمتـص طاقة فوتون الضوء الأحمر فتظهر باللون الأخضر المتمم له.



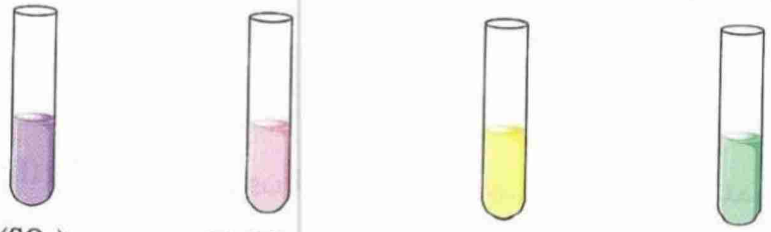
أحد مركبات الكروم (III)

- أيونات Sc^{3+} ، Cu^{+} ، Zn^{2+} غير ملونة، **لأن** أوربيتالات المستوى الفرعى $3d$ تكـون فارغـة فى حالـة Sc^{3+} وتامـة الامتلاء فى حالتـى Cu^{+} و Zn^{2+} وبالتالى لا تتواجد إلكترونات مفردة فى هذه الحالات.

مثال

ادرس الشكل التالى، ثم صف التغير الحادث فى لون كل محلول من المحاليل الأربعة – مع تفسير إجابتك – عند :

(١) ترك الأنابيب معرضة للهواء الجوى. (٢) إمرار غاز الهيدروچين فيها.



$Mn_2(SO_4)_{3(aq)}$ (1) — $MnSO_{4(aq)}$ (2) — $Fe_2(SO_4)_{3(aq)}$ (3) — $FeSO_{4(aq)}$ (4)

الحل

(١) يتحول لون المحلول الموجود فى الأنبوبة (4) إلى اللون الأصفر لتأكسد أيون الحديد (II) Fe^{2+} إلى أيون الحديد (III) Fe^{3+} الأكثر ثباتًا.

$$Fe^{2+} : [Ar], 3d^6 \longrightarrow Fe^{3+} : [Ar], 3d^5$$

(٢) يتحول لون المحلول الموجود فى الأنبوبة (1) إلى اللون الأحمر الوردى لاختزال أيون Mn^{3+} إلى أيون Mn^{2+} الأكثر ثباتًا.

$$Mn^{3+} : [Ar], 3d^4 \longrightarrow Mn^{2+} : [Ar], 3d^5$$

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: استنتاج العلاقة بين ألوان أيونات العناصر الانتقالية وتركيبها الإلكترونى.

١ المحاليل المائية الآتية لمركبات الفاناديوم ملونة، عدا ....

Ⓐ VCl_3 Ⓑ $VOSO_4$ Ⓒ Na_3VO_4 Ⓓ VSO_4

فكرة الحل :

• $_{23}V : [Ar], 4s^2, 3d^3$

الاختيارات	المركب	عدد تأكسد V فى المركب		التوزيع الإلكترونى لأيونات V
أ	VCl_3	$\therefore V = +3$	$0 = V + (-1 \times 3)$	$[Ar], 4s^0, 3d^2$
ب	$VOSO_4$	$\therefore V = +4$	$0 = V + (-2) + (-2)$	$[Ar], 4s^0, 3d^1$
ج	Na_3VO_4	$\therefore V = +5$	$0 = (1 \times 3) + V + (-2 \times 4)$	$[Ar], 4s^0, 3d^0$
د	VSO_4	$\therefore V = +2$	$0 = V + (-2)$	$[Ar], 4s^0, 3d^3$

∵ أوربيتالات المستوى الفرعى $3d$ مشغولة بإلكترونات مفردة فى حالات مركبات VCl_3 ، $VOSO_4$ ، VSO_4 (أى أن محاليلها ملونة).

∴ تستبعد الاختيارات أ ، ب ، د

الحل : الاختيار الصحيح : ج

٢ أى المركبات الآتية يستخدم فى تلوين الزجاج باللون الأخضر ؟

(أ) Cu_2O (ب) TiO_2

(ج) MnO_2 (د) Cr_2O_3

فكرة الحل :

∵ مركبات الكروم (III) تمتص طاقة فوتون الضوء الأحمر فتظهر باللون الأخضر المتمم له،

وعدد تأكسد الكروم فى مركب Cr_2O_3 يساوى 3+

∴ مركب Cr_2O_3 يستخدم فى تلوين الزجاج باللون الأخضر.

الحل : الاختيار الصحيح : (د)

---

٣ أى الأيونات المتهدرتة الآتية يكون لونه بنفسجى ؟

(أ) Cr^{3+} (ب) Zn^{2+}

(ج) Cu^{+} (د) V^{2+}

فكرة الحل :

∵ مركبات الكروم (III) المتهدرتة تظهر باللون الأخضر.

∴ يستبعد الاختيار (أ)

- $_{30}Zn : [Ar], 3d^{10}, 4s^2 \longrightarrow Zn^{2+} : [Ar], 3d^{10}$ ⇅ ⇅ ⇅ ⇅ ⇅
- $_{29}Cu : [Ar], 3d^{10}, 4s^1 \longrightarrow Cu^{+} : [Ar], 3d^{10}$ ⇅ ⇅ ⇅ ⇅ ⇅

∵ أوربيتالات المستوى الفرعى $3d$ تامة الامتلاء بالإلكترونات فى حالتى Zn^{2+} ، Cu^{+}

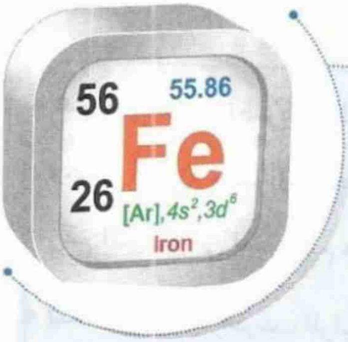
∴ مركبات Zn^{2+} ، Cu^{+} المتهدرتة عديمة اللون.

وعليه يستبعد الاختيارين (ب) ، (ج)

الحل : الاختيار الصحيح : (د)

الباب 1

تمهيدى الدرس الثالث



عنصر الحديد

عدده الذرى 26

توزيعه الإلكترونى $_{26}Fe : [Ar], 4s^2, 3d^6$

كتلته الذرية الجرامية (الكتلة المولية) 55.86 g/mol

حالات تأكسده الشائعة له حالتى تأكسد شائعتين، **هما :**

حالة التأكسد +2

تقابل خروج إلكترونى المستوى الفرعى $4s$

$Fe^{2+} : [Ar], 3d^6$

حالة التأكسد +3

تقابل خروج إلكترونى $4s$ وإلكترون من $3d$

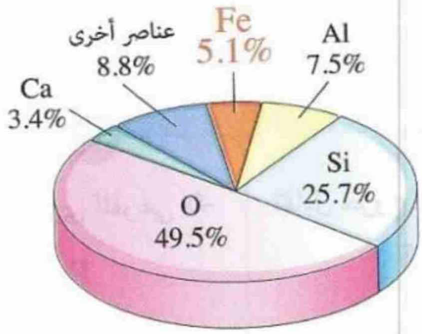
$Fe^{3+} : [Ar], 3d^5$

الصيغ الكيميائية لبعض مركباته

مجموعات ذرية (أيونات)	أيون حديد (II) Fe^{2+}	أيون حديد (III) Fe^{3+}
CO_3^{2-} كربونات	$FeCO_3$ كربونات حديد (II)	$Fe_2(CO_3)_3$ كربونات حديد (III)
SO_4^{2-} كبريتات	$FeSO_4$ كبريتات حديد (II)	$Fe_2(SO_4)_3$ كبريتات حديد (III)
Cl^- كلوريد	$FeCl_2$ كلوريد حديد (II)	$FeCl_3$ كلوريد حديد (III)
O^{2-} أكسيد	FeO أكسيد حديد (II)	Fe_2O_3 أكسيد حديد (III)
OH^- هيدروكسيد	$Fe(OH)_2$ هيدروكسيد حديد (II)	$Fe(OH)_3$ هيدروكسيد حديد (III)

فلز الحديد

- **عرف** قدماء المصريين الحديد منذ أكثر من ٥٠٠٠ سنة ق.م، وحتى الآن لا يزال الحديد عصب الصناعات الثقيلة، رغم التوسع فى استخدام معادن أخرى.
- **يحتل** الحديد الترتيب الرابع – بعد الأكسچين والسيليكون والألومنيوم – من حيث الانتشار فى القشرة الأرضية.



يشكل الحديد حوالى 5.1% من وزن القشرة الأرضية

- **يشكل** الحديد حوالى 5.1% من وزن القشرة الأرضية وتزداد كميته تدريجيًا كلما اقتربنا من باطن الأرض.
- **لا يوجد** الحديد بشكل حر إلا فى النيازك المتساقطة من الفضاء الخارجى (بنسبة 90%).

خامات الحديد

- يوجد الحديد فى القشرة الأرضية على هيئة خامات طبيعية تحتوى على مختلف أكاسيد الحديد مختلطة بشوائب.

العوامل التى تتوقف عليها صلاحية الخام لاستخلاص الحديد منه

١. نسبة الحديد فى الخام.
٢. تركيب الشوائب الموجودة فى الخام.
٣. نوعية العناصر الضارة المختلطة بالخام، مثل الكبريت والفوسفور والزرنيخ وغيرها.

أهم خامات الحديد فى مصر

الخــــام	المجنتيت	الهيماتيت	الليمونيت	السيدريت
الشكل التوضيحى				
الاسم الكيميــائى	أكسيد الحديد المغناطيسى	أكسيد الحديد (III)	أكسيد الحديد (III) المتهدرت	كربونات الحديد (II)
صيغته الكيميائية	Fe_3O_4	Fe_2O_3	$2Fe_2O_3.3H_2O$	$FeCO_3$
نسبة الحديد فيه	45 : 70%	50 : 60%	20 : 60%	30 : 42%
خواصـــــــــه	* أسود اللون. * لـــه خـــــواص مغنــاطيســية.	* لونه أحمر داكن. * سهل الاختزال.	* أصفر اللون. * سهل الاختزال.	* لونه رمادى مصفر. * سهل الاختزال.
أمــاكن وجــوده فى مصــــر	الصحراء الشرقية	* الجـزء الغربــى لمدينة أسوان. * الواحات البحرية.	الواحات البحرية	—

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: التعرف على خامات الحديد.



(١) الشكل المقابل : لأحد الأحجار التى تعرف باسم ....

(أ) الهيماتيت. (ب) الليمونيت.

(ج) المجنتيت. (د) السيدريت.

فكرة الحل :

∵ الحجر الموضح بالشكل له خواص مغناطيسية تمكنه من جذب المواد المصنوعة من الحديد.

∴ هذا الحجر يحتوى على خام المجنتيت الذى يتميز بخواصه المغناطيسية.

الحل : الاختيار الصحيح : (ج)

٢ أحد خامات الحديد لا يحتاج إلى وقود أثناء تحميصه عند إعداده للشحن فى الفرن العالى لأنه يوجد أساسًا بين طبقات من الفحم، ونسبة الحديد فيه لا تصل إلى 50%
ما الصيغة الكيميائية لهذا الخام ؟

(أ) $FeCO_3$ (ب) Fe_2O_3

(جـ) Fe_3O_4 (د) $2Fe_2O_3.3H_2O$

فكرة الحـل :

أقصى نسبة مئوية للحديد فى خام السيدريت $FeCO_3$ لا تتعدى 50% حيث أنها تتراوح ما بين 42% : 30 ، بينما باقى خامات الحديد يمكن أن تتعدى نسبة الحديد فيها 50%

الحـل : الاختيار الصحيح : (أ)

---

٣ ما الصيغة الكيميائية لخام البيريت ؟

(أ) $FeCO_3$ (ب) FeS_2

(جـ) Fe_2O_3 (د) Fe_3O_4

فكرة الحـل :

الصيغة الكيميائية	$FeCO_3$	Fe_2O_3	Fe_3O_4
اسم الخام	السيدريت	الهيماتيت	المجنتيت

يتضح من مقارنة الصيغ الكيميائية الموضحة بالجدول السابق والصيغ الكيميائية فى الاختيارات الأربعة أن الصيغة الكيميائية لخام البيريت هى FeS_2

الحـل : الاختيار الصحيح : (ب)

استخلاص الحديد من خاماته

تتم عملية استخلاص الحديد من خاماته (التعدين) بهدف الحصول على الحديد فى صورة يمكن استخدامها عمليًا.

مراحل استخلاص الحديد من خاماته



أولاً تجهيز خامات الحديد

تجهيز خامات الحديد

تهدف إلى

١ تحسين الخواص **الفيزيائية والميكانيكية للخامات**
من خلال عمليات: **التكسير** – **التلبيد** – **التركيز**

٢ تحسين الخواص **الكيميائية للخامات**
من خلال عملية: **التحميص**

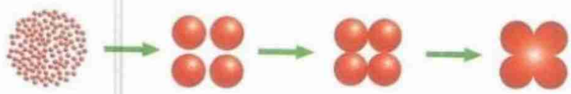
١ تحسين الخواص الفيزيائية و الميكانيكية لخامات الحديد

أ عملية تكسير خامات الحديد

◂ تتم عملية تكسـير خام الحديد **للحصول على أحجام أصغر** تناسب عمليات الاختزال.

ب عملية تلبيد خامات الحديد

◂ **تنتج عن** عمليات تكسـير الخام وطحنه وتنظيف غازات الفرن العالى **كميات كبيرة من الخام الناعم** الذى **لا يمكن اسـتخدامه مباشرةً** فى الخطوة التالية من عملية الاستخلاص (وهى عملية الاختزال)، **لذا تجرى** لهذا الخام الناعم عملية تجميع للحبيبات الناعمة فى أحجام أكبر تكون متماثلة ومتجانسة وتناسب عملية الاختزال فيما يعرف **بعملية التلبيد**.



عملية التلبيد

ج عملية تركيز خامات الحديد

◂ **تهدف** هذه العملية **إلى زيادة نسبة الحديد فى خاماته**، **عن طريق :**
فصل الشوائب والمواد غير المرغوب فيها من الخام والتى تكون مختلطة به.

◂ **تتم عمليات التركيز باستخدام إحدى الطرق التالية :**

- خاصية التوتر السطحى.
- الفصـل المغنـاطيســـى.
- الفصـل الكهـربــــى.

٢ تحسين الخواص الكيميائية لخامات الحديد

عملية تحميص خامات الحديد

تتم عملية تسخين خامات الحديد بشدة فى الهواء، فيما يعرف **بالتحميص**، وذلك بغرض :

أ تجفيف الخام (التخلص من الرطوبة) وزيادة نسبة الحديد فيه

أمثلة

١ تحميص خام السيدريت :

$$2FeCO_{3(s)} \xrightarrow{\Delta} 2FeO_{(s)} + 2CO_{2(g)}$$

كربونات حديد (II) (48.5% Fe) — أكسيد حديد (II)

$$2FeO_{(s)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} Fe_2O_{3(s)}$$

أكسيد حديد (II) — (69.6% Fe)

بالجمع

$$2FeCO_{3(s)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} Fe_2O_{3(s)} + 2CO_{2(g)}$$

(48.5% Fe) — (69.6% Fe)

٢ تحميص خام الليمونيت :

$$2Fe_2O_3.3H_2O_{(s)} \xrightarrow{\Delta} 2Fe_2O_{3(s)} + 3H_2O_{(v)}$$

(40% Fe) — (69.6% Fe)

ب أكسدة بعض الشوائب

أمثلة

١ أكسدة الكبريت :

$$S_{(s)} + O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} SO_{2(g)}$$

ثانى أكسيد الكبريت

٢ أكسدة الفوسفور :

$$4P_{(s)} + 5O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} 2P_2O_{5(v)}$$

خامس أكسيد الفوسفور

ثانيًا اختزال خامات الحديد

يتم اختزال أكاسيد الحديد إلى حديد **بطريقتين مختلفتين تبعًا** **لطبيعة العامل المختزل المستخدم**، **وفيما يلى طريقتى اختزال الهيماتيت فى كل من الفرن العالى وفرن مدركس :**

الفرن العالى	فرن مدركس
يتم الاختزال بواسطة (العامل المختزل)	
غاز أول أكسيد الكربون	**الغاز المائى**
الناتج من فحم الكوك	الناتج من الغاز الطبيعى (نسبة غاز الميثان فيه 93%)
• $C_{(s)} + O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} CO_{2(g)}$ • $CO_{2(g)} + C_{(s)} \xrightarrow{\Delta} 2CO_{(g)}$ (أول أكسيد الكربون)	$2CH_{4(g)} + CO_{2(g)} + H_2O_{(v)} \xrightarrow{\Delta} 3CO_{(g)} + 5H_{2(g)}$ (CH_4: غاز ميثان، $3CO + 5H_2$: الغاز المائى)
تفاعل الاختزال	
$Fe_2O_{3(s)} + 3CO_{(g)} \xrightarrow[>700^\circ C]{\Delta} 2Fe_{(s)} + 3CO_{2(g)}$ (Fe_2O_3: أكسيد حديد (III)، Fe: حديد)	$2Fe_2O_{3(s)} + 3CO_{(g)} + 3H_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} 4Fe_{(s)} + 3CO_{2(g)} + 3H_2O_{(v)}$ (Fe_2O_3: أكسيد حديد (III)، Fe: حديد)

اذكر دور: فحم الكوك فى الفرن العالى.

يعطى عند احتراقه فى الهواء الساخن غاز ثانى أكسيد الكربون الذى يتفاعل مع الزيادة من فحم الكوك مكونًا غاز أول أكسيد الكربون الذى يقوم بدور العامل المختزل لخامات الحديد فى هذا الفرن.

اختبر نفسك بكتابة المعادلات الكيميائية

- ....
- ....
- ....

ملحوظة

دور الغاز المائى فى فرن مدركس، يختلف عن دوره فى عملية (فيشر – تروبش).

لأن الغاز المائى يقوم بدور العامل المختزل فى فرن مدركس، بينما يتم تحويله إلى وقود سائل فى عملية (فيشر – تروبش).

ثالثاً إنتاج الحديد

- بعد عملية اختزال خام الحديد تأتى المرحلة الأخيرة، وهى مرحلة إنتاج الأنواع المختلفة من الحديد،

أمثلة
- الحديد الزهر.
- الحديد الصلب.

إنتاج الحديد الصلب

- **تعتمد صناعة الصلب على عمليتين أساسيتين، هما :**
  - التخلص من الشوائب المتبقية فى الحديد الناتج من أفران الاختزال.
  - إضافة عناصر أخرى إلى الحديد، لإكساب الصلب الناتج الخواص المطلوبة للأغراض الصناعية.
- **تتم صناعة الصلب باستخدام واحد من ثلاثة أنواع معروفة من الأفران، وهى :**
  - المحول الأكسچينى.
  - الفرن المفتوح.
  - الفرن الكهربى.

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: التعرف على عملية استخلاص الحديد من خاماته داخل الأفران المختلفة.

١ أى مما يأتى يعبر عن التسلسل الصحيح لعمليات تحضير خامات الحديد المستخدمة فى الفرن العالى ؟

(أ) التوتر السطحى ← التلبيد ← الغسيل ← التحميص.

(ب) التكسير ← الفرز المغناطيسى ← الغسيل ← التحميص.

(ج) الغسيل ← التحميص ← التكسير ← التلبيد.

(د) التكسير ← الفرز الكهربى ← التحميص ← الغسيل.

فكرة الحـل :

∵ تحضير خامات الحديد يتم بتحسين خواصها الفيزيائية والميكانيكية والتى تبدأ بعملية التكسير.

∴ يستبعد الاختيارين (أ) ، (ج)

∵ عملية تحضير الخامات تنتهى بتحسين خواصها الكيميائية والتى تتم بعملية التحميص.

∴ يستبعد الاختيار (د)

الحـل : الاختيار الصحيح : (ب)

٢ كل من المواد الآتية تستخدم فى عمليات استخلاص الحديد من خام الهيماتيت، عدا ....

(أ) فحم الكوك. (ب) غاز أول أكسيد الكربون. (ج) غاز الميثان. (د) غاز ثالث أكسيد الكبريت.

فكرة الحـل :

∵ فحم الكوك يستخدم فى الحصول على غاز أول أكسيد الكربون المستخدم كعامل مختزل لخام الهيماتيت فى الفرن العالى.

∴ يستبعد الاختيارين (أ) ، (ب)

∵ غاز الميثان يستخدم فى الحصول على الغاز المائى المستخدم كعامل مختزل لخام الهيماتيت فى فرن مدركس.

∴ يستبعد الاختيار (ج)

الحـل : الاختيار الصحيح : (د)

٣ ماذا يحدث عند تحويل الهيماتيت إلى حديد صُلب ؟

ⓐ عملية اختزال فقط. ⓑ عملية اختزال ثم عملية أكسدة.

ⓙ عملية أكسدة فقط. ⓓ عملية أكسدة ثم عملية اختزال.

فكرة الحل :

∵ تجرى عملية اختزال لخام الهيماتيت فى الفرن العالى :

$$Fe_2O_{3(s)} + 3CO_{(g)} \xrightarrow[>700^\circ C]{\Delta} 2Fe_{(s)} + 3CO_{2(g)}$$

∴ يستبعد الاختيارين (جـ) ، (د)

∵ الحديد الناتج من الفرن العالى ينقل إلى المحول الأكسجينى حيث تتم عملية أكسدة للشوائب الموجودة فيه.

∴ يستبعد الاختيار (أ)

الحل : الاختيار الصحيح : (ب)

السبائك

السبيكة هى مادة تتكون من فلزين أو أكثر أو من فلز ولافلز أو أكثر.

أمثلة

١ سبائك تتكون من فلزين أو أكثر :

سبيكة الحديد و الكروم



أوانى طهى

سبيكة الحديد و المنجنيز



أسطوانة منشار كهربى

سبيكة الحديد و الفاناديوم



غطاء محرك سيارة

سبيكة الحديد و النيكل



مسمار حديد مطلى بالنيكل

٢ سبيكة تتكون من فلز و لافلز :

سبيكة الحديد و الكربون



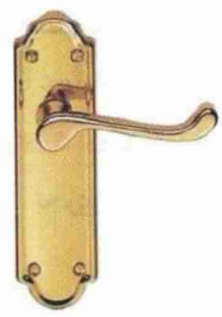
حلقات مصنوعة من سبيكة الحديد والكربون

طرق تحضير السبائك

تحضر السبائك بإحدى الطريقتين التاليتين :

١ **طريقة الصهر :** يتم فيها صهر الفلزات مع بعضها وترك المصهور ليبرد تدريجيًا.

٢ **طريقة الترسيب الكهربى :** يتم فيها ترسيب فلزين أو أكثر كهربيًا فى نفس الوقت.



مقبض باب مغطى بطبقة من النحاس الأصفر

مثال

تغطية القابض الحديدية بالنحاس الأصفر (نحاس + خارصين)، ويتم ذلك بترسيبه كهربيًا من محلول يحتوى أيونات النحاس والخارصين على هذه القابض.

من أنواع السبائك

١ سبائك بينيـــة

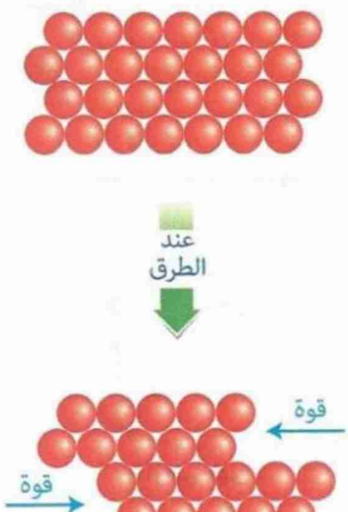
٢ سبائك استبداليــة

٣ سبائك المركبات البينفلزية

١ السبائك البينية

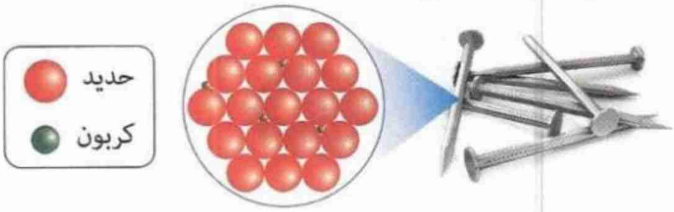
- الحديد النقى ليست له أهمية اقتصادية، لأنه لين نسبيًا وهو يتكون - مثل باقى الفلزات - من شبكة بللورية منتظمة من ذرات مرصوصة رصًا محكمًا بينها فراغات بينية.

- وعند الطرق على الفلز النقى تتحرك كل طبقة من ذراته فوق الطبقة الأخرى، ولكن عند ملء بعض الفراغات البينية فى الشبكة البللورية للفلز النقى بذرات من فلز آخر حجمها أقل من حجم ذرات الفلز النقى، فإن ذلك يعوق انزلاق الطبقات وهو ما يزيد من صلابة الفلز الأصلى بالإضافة إلى تأثر بعض خواصه الفيزيائية الأخرى مثل قابلية الطرق والسحب ودرجة الانصهار والتوصيل الكهربى والخواص المغناطيسية، مكونًا نوعًا من السبائك تعرف باسم **السبائك البينية**.



انزلاق طبقات الفلز فى الشبكة البللورية عند الطرق عليها

مثال سبيكة الحديد و الكربون (الحديد الصلب).



الحديد الصلب سبيكة بينية

٢ السبائك الاستبدالية

السبيكة الاستبدالية هى سبيكة تُستبدل فيها بعض ذرات الفلز الأصلى بذرات فلز آخر، له نفس خواص الفلز الأصلى من حيث الشكل البللورى ونصف القطر والخواص الكيميائية.

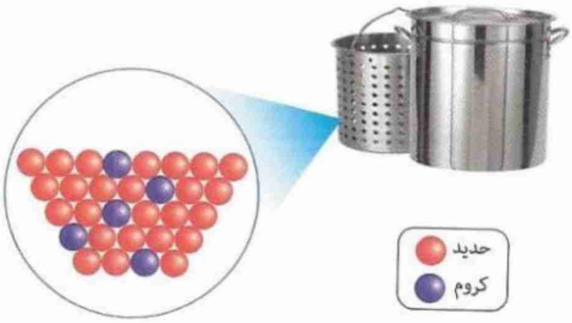
٣ سبائك المركبات البينفلزية

السبيكة البينفلزية هى سبيكة تتحد العناصر المكونة لها، اتحادًا كيميائيًا مكونة مركبات صلبة جديدة، لا تخضع صيغتها الكيميائية لقوانين التكافؤ.

* الفلزات المكونة للسبيكة البينفلزية لا تقع فى مجموعة واحدة فى الجدول الدورى الحديث.

أمثلة

- سبيكة الحديد والكروم (الصلب الذى لا يصدأ).
- سبيكة الحديد والنيكل.
- سبيكة الذهب والنحاس.



الصلب الذى لا يصدأ (Stainless steel)
سبيكة استبدالية

- سبيكة (الرصاص – الذهب) Au_2Pb
- سبيكة السيمنتيت Fe_3C
- سبيكتى (الألومنيوم – النيكل) و (الألومنيوم – النحاس) المعروفتين باسم الديورألومين.



خلاط ماء مصنوع من الديورألومين

فسر؟

* سبيكة الحديد والكروم من السبائك الاستبدالية
لتقارب ذرات كل من الحديد والكروم فى نصف القطر الذرى والشكل البللورى والخواص الكيميائية

* سبيكة السيمنتيت من السبائك البينفلزية
لأنها تتكون عن طريق الاتحاد الكيميائى بين الحديد والكربون والذى ينتج عنه مركب Fe_3C والذى لا تخضع صيغته لقوانين التكافؤ

أداء ذاتى

اذكر 5 أمثلة لسبائك يدخل عنصر الألومنيوم فى تركيبها فى حدود ما درست.

....

....

....

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: التعرف على مفهوم السبيكة وأنواعها واستخداماتها.

١ **صنف العالم برزيليوس العناصر إلى عناصر (X) وعناصر (Y)، والسبائك التالية عناصرها جميعًا من النوع (X)، عدا ....**

ⓐ سبيكة النحاس الأصفر.
ⓑ سبيكة الديورألومين.
ⓒ سبيكة الحديد الصلب.
ⓓ سبيكة (الرصاص - الذهب).

فكرة الحل :

صنف العالم برزيليوس العناصر إلى فلزات ولافلزات.

∵ معظم السبائك تتكون من فلزات.

∴ العناصر (X) هى عناصر فلزية والعناصر (Y) عناصر لافلزية.

∵ سبيكة النحاس الأصفر تتكون من فلزى النحاس والخارصين وسبائك الديورألومين تتكون من فلزى الألومنيوم والنحاس أو فلزى الألومنيوم والنيكل.

∴ يستبعد الاختيارين ⓐ ، ⓑ

∵ سبيكة الحديد الصلب تتكون من الحديد والكربون.

∴ سبيكة الحديد الصلب تتكون من عنصر فلزى وآخر لافلزى.

الحل : الاختيار الصحيح : ⓒ

---

٢ **أى أزواج العناصر الآتية، لا يكوّنا معًا سبيكة ؟**

ⓐ Zn ، Cu
ⓑ Fe ، Hg
ⓒ Fe ، C
ⓓ Au ، Cu

فكرة الحل :

تتكون السبيكة عادةً من عناصر صلبة (فلزين أو أكثر أو من فلز ولافلز أو أكثر).

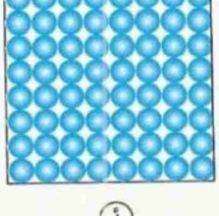
∵ الزئبق Hg فلز ولكنه يتواجد فى الحالة السائلة فى الظروف الطبيعية من الضغط ودرجة الحرارة.

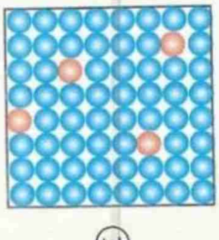
∴ Fe ، Hg لا يكونا معًا سبيكة.

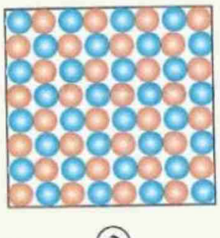
الحل : الاختيار الصحيح : ⓑ

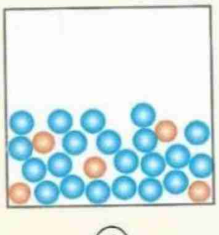
---

٣ **أى مما يأتى يعبر عن سبيكة من سبائك الحديد ؟**


ⓐ


ⓑ


ⓒ


ⓓ

فكرة الحل :

∵ الشكل الموضح بالاختيار (أ) يمثل شبكة بللورية لعنصر نقى وليس سبيكة.

∴ يستبعد الاختيار (أ)

∵ الشكل الموضح بالاختيار (جـ) يمثل للوهلة الأولى سبيكة من سبائك الحديد،
إلا أن النسبة بين الحديد (الفلز الأصلى) والفلز الآخر المضاف إليه فى السبيكة لا تكون بنسبة $1 : 1$

∴ يستبعد الاختيار (جـ)

∵ فى السبائك الاستبدالية تستبدل بعض ذرات الفلز الأصلى بذرات فلز آخر له نفس نصف القطر الذرى.

∴ يستبعد الاختيار (د)

الحل : الاختيار الصحيح : (ب)

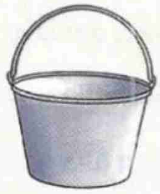
أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: المقارنة بين أنواع السبائك.

(١) الشكل المقابل : يوضح طارق باب مصنوع من سبيكة النحاس الأصفر و دلو ماء مصنوع من الحديد المجلفن.
ما العنصر المشترك بين مادتى طارق الباب و الدلو ؟



طارق باب



دلو ماء

(أ) الحديد. (ب) القصدير.
(جـ) الخارصين. (د) النحاس.

فكرة الحل :

سبيكة النحاس الأصفر عبارة عن نحاس مُضاف إليه خارصين،
والحديد المجلفن عبارة عن حديد مغطى بالخارصين.

الحل : الاختيار الصحيح : (جـ)

---

(٢) الجدول المقابل : يوضح مكونات إحدى السبائك.
أى مما يأتى يعبر عن هذه السبيكة ؟

العنصر	النسبة المئوية للعنصر فى السبيكة
ألومنيوم	94.4%
نحاس	4.5%
ماغنسيوم	0.35%
منجنيز	0.75%

(أ) سبيكة استبدالية.
(ب) سبيكة تُعرف باسم البرونز.
(جـ) سبيكة بينية.
(د) سبيكة تُعرف باسم الديورألومين.

فكرة الحل :

∵ معطيات السؤال لا يستدل منها على أنصاف أقطار ذرات العناصر المستخدمة فى تكوين السبيكة.

∴ لا يمكن تحديد إن كانت السبيكة استبدالية أم بينية.

وعليه يستبعد الاختيارين (أ) ، (جـ)

∵ سبيكة البرونز تتكون بشكل أساسى من عنصر النحاس «وليس عنصر الألومنيوم».

∴ يستبعد الاختيار (ب)

الحل : الاختيار الصحيح : (د)

الخواص الفيزيائية للحديد

تعتمد الخواص الفيزيائية للحديد على مدى نقائه وطبيعة الشوائب الموجودة فيه

أهم خواص الحديد الفيزيائية

1. سهل التشكيل (لين نسبيًا)
2. قابل للسحب و الطرق
3. له خواص مغناطيسية
4. ارتفاع درجة انصهاره ($1538^{\circ}C$)
5. ارتفاع كثافته ($7.87\ g/cm^3$)

الخواص الكيميائية للحديد

تتعدد حالات تأكسد الحديد، وأهمها :

- **حالة التأكسد** (+2) التى تقابل خروج إلكترونى المستوى الفرعى $4s$
- **حالة التأكسد** (+3) التى تقابل خروج إلكترونى المستوى الفرعى $4s$ وإلكترون واحد من المستوى الفرعى $3d$، وهى تمثل الحالة الأكثر ثباتًا للامتلاء النصفى للمستوى الفرعى ($3d^5$).

لا يعطى الحديد حالة تأكسد (+8) والتى تدل على خروج جميع إلكترونات المستويين الفرعيين $3d$, $4s$ **بعكس** باقى العناصر التى تسبقه فى السلسلة الانتقالية الأولى.

يتفاعل الحديد مع الكثير من المواد ، منها :

1. الهواء
2. بخار الماء
3. اللافلزات
4. الأحماض

١ تأثير الهواء (الأكسجين) على الحديد

يتفاعل الحديد المسخن لدرجة الاحمرار ($500^{\circ}C$) مع الهواء أو غاز الأكسجين، مكونًا أكسيد الحديد المغناطيسى.

$$3Fe_{(s)} + 2O_{2(g)} \xrightarrow{500^{\circ}C} Fe_3O_{4(s)}$$

أكسيد حديد مغناطيسى

٢ تأثير بخار الماء على الحديد

- يتفاعل الحديد المسخن لدرجة الاحمرار ($500^\circ C$) مع بخار الماء، مكونًا أكسيد الحديد المغناطيسى ويتصاعد غاز الهيدروچين.

$$3Fe_{(s)} + 4H_2O_{(v)} \xrightarrow{500^\circ C} Fe_3O_{4(s)} + 4H_{2(g)}$$

أكسيد حديد مغناطيسى

٣ تفاعل الحديد مع اللافلزات

- يتفاعل الحديد مع الكلور، مكونًا كلوريد الحديد (III) :

$$2Fe_{(s)} + 3Cl_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} 2FeCl_{3(s)}$$

كلوريد حديد (III)

- يتفاعل الحديد مع الكبريت، مكونًا كبريتيد الحديد (II) :

$$Fe_{(s)} + S_{(s)} \xrightarrow{\Delta} FeS_{(s)}$$

كبريتيد حديد (II)

٤ تفاعل الحديد مع الأحماض

- **يتدرج أثر الحمض على الحديد، تبعًا لقوته وتركيزه، كالتالى :**

أ الحديد مع الأحماض المخففة

- الحديد وحمض الهيدروكلوريك المخفف :

يذوب الحديد فى حمض الهيدروكلوريك المخفف، **مكونًا** كلوريد الحديد (II) **و** يتصاعد غاز الهيدروچين.

$$Fe_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \xrightarrow{dil} FeCl_{2(aq)} + H_{2(g)}$$

حمض هيدروكلوريك — كلوريد حديد (II)

- الحديد وحمض الكبريتيك المخفف :

يذوب الحديد فى حمض الكبريتيك المخفف، **مكونًا** كبريتات الحديد (II) **و** يتصاعد غاز الهيدروچين.

$$Fe_{(s)} + H_2SO_{4(aq)} \xrightarrow{dil} FeSO_{4(aq)} + H_{2(g)}$$

حمض كبريتيك — كبريتات حديد (II)

ب الحديد مع الأحماض المركزة

- الحديد وحمض الكبريتيك المركز :

لا يؤثر حمض الكبريتيك المركز فى الحديد **إلا بعد** التسخين، **ليكون** كبريتات الحديد (II) **و** كبريتات الحديد (III) **و** ثانى أكسيد الكبريت **و** بخار ماء.

$$3Fe_{(s)} + 8H_2SO_{4(l)} \xrightarrow[conc]{\Delta} FeSO_{4(aq)} + Fe_2(SO_4)_{3(aq)} + 4SO_{2(g)} + 8H_2O_{(v)}$$

حمض كبريتيك — كبريتات حديد (II) — كبريتات حديد (III)

- **الحديد وحمض النيتريك المركز :**

يسبب حمض النيتريك المركز خمولًا ظاهريًا للحديد، لتكوُّن طبقة رقيقة غير مسامية من الأكسيد على سطح الحديد، تمنع استمرار التفاعل، ويمكن إزالة هذه الطبقة بالحك أو بإذابتها فى حمض الهيدروكلوريك المخفف.

ملحوظات

(١) عند تفاعل الحديد مع الكلور، يتكون كلوريد الحديد (III) ولا يتكون كلوريد الحديد (II).

لأن غاز الكلور عامل مؤكسد يحول كلوريد الحديد (II) إلى كلوريد الحديد (III).

اختبر نفسك بكتابة معادلة التفاعل

....

(٢) عند تفاعل الحديد مع حمض الهيدروكلوريك المخفف، يتكون كلوريد الحديد (II) ولا يتكون كلوريد الحديد (III).

لأن غاز الهيدروچين المتصاعد عامل مختزل يحول كلوريد الحديد (III) إلى كلوريد الحديد (II).

اختبر نفسك بكتابة معادلة التفاعل

....

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: التعبير عن خواص الحديد بمعادلات رمزية موزونة.

١ يتفاعل الحديد مع الكبريت مكونًا المركب (X) فى الظروف العادية ويمكنه أيضًا فى ظروف أخرى تكوين المركب (Y). أى مما يلى يُعبر عن كل من المركبين (X) ، (Y) ؟

الاختيارات	المركب (X)	المركب (Y)
Ⓐ أ	FeS	FeS_2
ب	FeS	Fe_2S_3
ج	FeS_2	Fe_2S_3
د	Fe_2S_3	FeS_2

فكرة الحل :

∵ الحديد يتفاعل مع الكبريت مكونًا مركب كبريتيد الحديد (II) FeS فى الظروف العادية (المركب X).

$$Fe_{(s)} + S_{(s)} \xrightarrow{\Delta} FeS_{(s)}$$

∴ يستبعد الاختيارين ج ، د

∵ عدد تأكسد الحديد فى مركباته إما أن يكون 2+ أو 3+

∴ يستبعد الاختيار أ

الحل : الاختيار الصحيح : ب

٢ أى من تفاعلات الحديد الآتية تتم فى درجة حرارة الغرفة (25°C) ؟

ⓐ $3Fe + 4H_2O \longrightarrow Fe_3O_4 + 4H_2$

ⓑ $4Fe + 6H_2O + 3O_2 \longrightarrow 4Fe(OH)_3$

ⓒ $2Fe + 3Cl_2 \longrightarrow 2FeCl_3$

ⓓ $3Fe + 8H_2SO_4 \xrightarrow{conc} FeSO_4 + Fe_2(SO_4)_3 + 4SO_2 + 8H_2O$

فكرة الحل :

∵ بخار الماء يتفاعل مع الحديد المسخن لدرجة الاحمرار (500°C) مكونًا أكسيد الحديد المغناطيسى وغاز الهيدروجين.

∴ يستبعد الاختيار ⓐ

∵ تفاعل الحديد مع أيًا من غاز الكلور أو حمض الكبريتيك المركز يتم بالتسخين.

∴ يستبعد الاختيارين ⓒ ، ⓓ

الحل : الاختيار الصحيح : ⓑ

---

٣ يتفاعل الحديد مع أيًا من ....

ⓐ حمض الكبريتيك المخفف أو المركز مكونًا كبريتات الحديد (III).

ⓑ عنصرى الكبريت أو الكلور مكونًا مركبى الحديد (II).

ⓒ بخار الماء أو الأكسجين (at 500°C) مكونًا أكسيد الحديد الأسود.

ⓓ حمض النيتريك المخفف أو المركز مكونًا نترات الحديد (III).

فكرة الحل :

∵ الحديد يتفاعل مع حمض الكبريتيك المخفف مكونًا كبريتات الحديد (II) وليس كبريتات الحديد (III).

$$Fe_{(s)} + H_2SO_{4(aq)} \xrightarrow{dil} FeSO_{4(aq)} + H_{2(g)}$$

∴ يستبعد الاختيار ⓐ

∵ الحديد يتفاعل مع الكبريت مكونًا كبريتيد الحديد (II) ومع الكلور مكونًا كلوريد الحديد (III) وليس كلوريد الحديد (II).

- $Fe_{(s)} + S_{(s)} \xrightarrow{\Delta} FeS_{(s)}$
- $2Fe_{(s)} + 3Cl_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} 2FeCl_{3(s)}$

∴ يستبعد الاختيار ⓑ

∵ الحديد يتفاعل مع كل من بخار الماء والأكسجين (at 500°C)، تبعًا للمعادلتين التاليتين :

- $3Fe_{(s)} + 4H_2O_{(v)} \xrightarrow{500°C} Fe_3O_{4(s)} + 4H_{2(g)}$
- $3Fe_{(s)} + 2O_{2(g)} \xrightarrow{500°C} Fe_3O_{4(s)}$

∴ يتكون فى الحالتين أكسيد الحديد الأسود (المغناطيسى).

الحل : الاختيار الصحيح : ⓒ

٤ غُمرت قطعة من الحديد فى الحمض (X) لمدة يومين وعند نقلها بعد غسلها بالماء المقطر إلى كأس بها حمض HCl مخفف، لُوحظ عدم حدوث تفاعل بشكل لحظى.
ما الحمض (X) الذى غُمرت به قطعة الحديد ؟

(أ) حمض الكبريتيك المخفف.
(ب) حمض الكبريتيك المركز.
(ج) حمض الهيدروكلوريك المخفف.
(د) حمض النيتريك المركز.

فكرة الحل :

عدم تفاعل قطعة الحديد مع حمض HCl المخفف بمجرد غمرها فيه يدل على وجود طبقة غير مسامية من الأكسيد على سطح الحديد، تزول تدريجيًا عند وجودها مع حمض HCl المخفف وهذه الطبقة تتكون بسبب الخمول الظاهرى الذى يسببه حمض النيتريك المركز للحديد.

الحل : الاختيار الصحيح : (د)

أكاسيد الحديد

يُعرف للحديد ثلاثة أنواع من الأكاسيد، هى :

1. أكسيد الحديد (II)
2. أكسيد الحديد (III)
3. أكسيد الحديد المغناطيسى

١ أكسيد الحديد (II) FeO

تحضيره

يُحضر أكسيد الحديد (II) بعدة طرق، منها :

١ تسخين أكسالات الحديد (II) بمعزل عن الهواء.

$$\begin{matrix} COO \\ | \\ COO \end{matrix} \rangle Fe_{(s)} \xrightarrow[\text{بمعزل عن الهواء}]{\Delta} FeO_{(s)} + CO_{(g)} + CO_{2(g)}$$

أكسالات حديد (II) ← أكسيد حديد (II)

ويلاحظ إنه ينتج عن عملية الاختزال أكسيد الحديد (II) وليس أكسيد الحديد (III)،

لأن غاز أول أكسيد الكربون الناتج من التفاعل عامل مختزل، يحول أكسيد الحديد (III) إلى أكسيد الحديد (II).

٢ اختزال الأكاسيد الأعلى (Fe_3O_4 ، Fe_2O_3)، بواسطة :

الهيدروچين (H_2)

$$Fe_2O_{3(s)} + H_{2(g)} \xrightarrow{400:700^\circ C} 2FeO_{(s)} + H_2O_{(v)}$$

أكسيد حديد (III) ← أكسيد حديد (II)

$$Fe_3O_{4(s)} + H_{2(g)} \xrightarrow{400:700^\circ C} 3FeO_{(s)} + H_2O_{(v)}$$

أكسيد حديد مغناطيسى ← أكسيد حديد (II)

أول أكسيد الكربون (CO)

$$Fe_2O_{3(s)} + CO_{(g)} \xrightarrow{400:700^\circ C} 2FeO_{(s)} + CO_{2(g)}$$

أكسيد حديد (III) ← أكسيد حديد (II)

$$Fe_3O_{4(s)} + CO_{(g)} \xrightarrow{400:700^\circ C} 3FeO_{(s)} + CO_{2(g)}$$

أكسيد حديد مغناطيسى ← أكسيد حديد (II)

خواصه

١ مسحوق أكسيد الحديد (II) أسود اللون، لا يذوب فى الماء.

٢ يتأكسد أكسيد الحديد (II) بسهولة فى الهواء الساخن، مكونًا أكسيد الحديد (III).

$$4FeO_{(s)} + O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} 2Fe_2O_{3(s)}$$

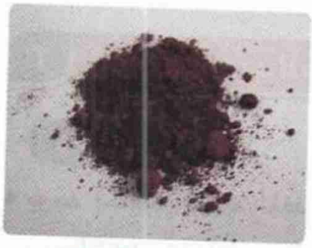
أكسيد حديد (II) ← أكسيد حديد (III)

٣ يتفاعل أكسيد الحديد (II) مع الأحماض المعدنية المخففة (كحمض الكبريتيك المخفف) مكونًا ملح الحديد (II) وماء.

$$FeO_{(s)} + H_2SO_{4(aq)} \xrightarrow{dil} FeSO_{4(aq)} + H_2O_{(l)}$$

أكسيد حديد (II) + حمض كبريتيك ← كبريتات حديد (II) + ماء

٢ أكسيد الحديد (III) Fe_2O_3



يستخلص Fe_2O_3 من خام الهيماتيت

وجوده

- يوجد أكسيد الحديد (III) فى الطبيعة فى خام الهيماتيت.

تحضيره

- يُحضر أكسيد الحديد (III) بعدة طرق، منها :

١ إضافة محلول قلوى - مثل هيدروكسيد الأمونيوم - إلى أحد محاليل أملاح الحديد (III)، تُكون راسب بنى محمر من هيدروكسيد الحديد (III)، والذى يتحول بالتسخين عند درجة حرارة أعلى من $200^\circ C$ إلى أكسيد الحديد (III).

$$FeCl_{3(aq)} + 3NH_4OH_{(aq)} \longrightarrow 3NH_4Cl_{(aq)} + Fe(OH)_{3(s)}$$

كلوريد حديد (III) (أصفر باهت) + هيدروكسيد أمونيوم ← هيدروكسيد حديد (III) (بنى محمر)

$$2Fe(OH)_{3(s)} \xrightarrow[>200^\circ C]{\Delta} Fe_2O_{3(s)} + 3H_2O_{(v)}$$

هيدروكسيد حديد (III) ← أكسيد حديد (III)

٢ تسخين كبريتات الحديد (II).

$$2FeSO_{4(s)} \xrightarrow{\Delta} Fe_2O_{3(s)} + SO_{2(g)} + SO_{3(g)}$$

كبريتات حديد (II)   أكسيد حديد (III)

٣ أكسدة أكسيد الحديد (II) فى الهواء الساخن.

$$2FeO_{(s)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} Fe_2O_{3(s)}$$

أكسيد حديد (II)   أكسيد حديد (III)

٤ تسخين أكسيد الحديد المغناطيسى فى الهواء.

$$2Fe_3O_{4(s)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} 3Fe_2O_{3(s)}$$

أكسيد حديد مغناطيسى   أكسيد حديد (III)

خواصه



يستخدم أكسيد الحديد (III) كلون أحمر فى الدهانات

١ مسحوق أكسيد الحديد (III) أحمر اللون، لا يذوب فى الماء.

٢ يستخدم أكسيد الحديد (III) كلون أحمر فى الدهانات.

٣ يتفاعل أكسيد الحديد (III) مع الأحماض المعدنية المركزة الساخنة، مُكونًا أملاح الحديد (III) و بخار ماء.

$$Fe_2O_{3(s)} + 3H_2SO_{4(l)} \xrightarrow[\text{conc}]{\Delta} Fe_2(SO_4)_{3(aq)} + 3H_2O_{(v)}$$

أكسيد حديد (III)   كبريتات حديد (III)

٣ أكسيد الحديد المغناطيسى Fe_3O_4

وجــوده

يوجد أكسيد الحديد المغناطيسى فى الطبيعة ويعرف **بالمجنتيت**.

وهو **أكسيد مختلط** من أكسيد الحديد (II) FeO وأكسيد الحديد (III) Fe_2O_3،

لذا فإن صيغته الكيميائية هى مجموع الصيغتين معًا (Fe_3O_4).

تحضيره

يُحضر أكسيد الحديد المغناطيسى بعدة طرق، منها :

١ تفاعل الحديد المسخن لدرجة الاحمرار ($500°C$)، مع :

الهواء (O_2)

$$3Fe_{(s)} + 2O_{2(g)} \xrightarrow{500°C} Fe_3O_{4(s)}$$

أكسيد حديد مغناطيسى

بخار الماء (H_2O)

$$3Fe_{(s)} + 4H_2O_{(v)} \xrightarrow{500°C} Fe_3O_{4(s)} + 4H_{2(g)}$$

أكسيد حديد مغناطيسى

٢ اختزال أكسيد الحديد (III) :

$$3Fe_2O_{3(s)} + CO_{(g)} \xrightarrow{230 : 300^\circ C} 2Fe_3O_{4(s)} + CO_{2(g)}$$

أكسيد حديد (III) — أكسيد حديد مغناطيسى

خواصه

١ مسحوق أكسيد الحديد المغناطيسى أسود اللون، له خواص مغناطيسية قوية.

٢ يتفاعل أكسيد الحديد المغناطيسى مع الأحماض المركزة الساخنة مكونًا أملاح كل من الحديد (II) ، الحديد (III) وبخار الماء، مما يثبت أنه أكسيد مختلط من أكسيدى (Fe^{3+} ، Fe^{2+}).

$$Fe_3O_{4(s)} + 4H_2SO_{4(\ell)} \xrightarrow[conc]{\Delta} FeSO_{4(aq)} + Fe_2(SO_4)_{3(aq)} + 4H_2O_{(v)}$$

أكسيد حديد مغناطيسى — كبريتات حديد (II) — كبريتات حديد (III)

٣ يتأكسد أكسيد الحديد المغناطيسى عند تسخينه فى الهواء مكونًا أكسيد الحديد (III).

$$2Fe_3O_{4(s)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} 3Fe_2O_{3(s)}$$

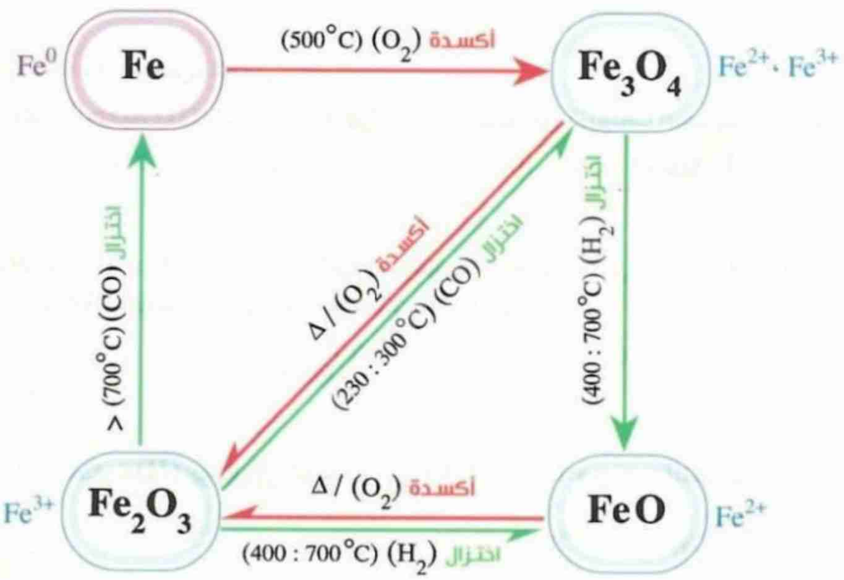
أكسيد حديد مغناطيسى — أكسيد حديد (III)

٤ يختزل أكسيد الحديد المغناطيسى بالهيدروجين أو أول أكسيد الكربون مكونًا أكسيد الحديد (II).

$$* \ Fe_3O_{4(s)} + H_{2(g)} \xrightarrow{400 : 700^\circ C} 3FeO_{(s)} + H_2O_{(v)}$$

$$* \ Fe_3O_{4(s)} + CO_{(g)} \xrightarrow{400 : 700^\circ C} 3FeO_{(s)} + CO_{2(g)}$$

المخطط التالى يوضح تفاعلات الأكسدة و الاختزال بين الحديد وأكاسيده :



أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: دراسة طرق تحضير أكاسيد الحديد وخواصها.

① المعادلة التالية تعبر عن تفاعل أكسدة المادة (X) لتكوين المادة (Y) :

$$3X + 2O_2 \xrightarrow{\Delta} Y$$

أى مما يلى يُعبر عن كل من المادتين (X) ، (Y) ؟

الاختيارات	المادة (X)	المادة (Y)
Ⓐ	Fe_3O_4	Fe_2O_3
Ⓑ	Fe	Fe_3O_4
Ⓒ	FeO	Fe_2O_3
Ⓓ	$FeCO_3$	Fe_2O_3

فكرة الحل :

تسخين Fe_3O_4 فى الهواء يُكون Fe_2O_3

$$2Fe_3O_{4(s)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} 3Fe_2O_{3(s)}$$

∵ عدد مولات المتفاعلات والنواتج لا ينطبق مع هذا التفاعل.

∴ يستبعد الاختيار Ⓐ

تفاعل الحديد Fe المسخن لدرجة الاحمرار مع غاز O_2 يُكون Fe_3O_4

$$\underset{\text{المادة (X)}}{3Fe_{(s)}} + 2O_{2(g)} \xrightarrow{500°C} \underset{\text{المادة (Y)}}{Fe_3O_{4(s)}}$$

الحل : الاختيار الصحيح : Ⓑ

---

② كل مما يأتى تقل كتلته بالتسخين، **عدا** ....

Ⓐ تسخين أكسالات الحديد (II) بمعزل عن الهواء.

Ⓑ تسخين كربونات الحديد (II) بشدة.

Ⓒ تسخين الحديد لدرجة الاحمرار فى الهواء.

Ⓓ اختزال أكسيد الحديد (II) عند درجة حرارة مرتفعة.

فكرة الحل :

∵ تسخين أكسالات الحديد (II) بمعزل عن الهواء يؤدى إلى تصاعد غازى CO ، CO_2 وهو ما يجعل كتلة المادة الصلبة المتبقية أقل من كتلة أكسالات الحديد (II).

$$(COO)_2Fe_{(s)} \xrightarrow[\text{بمعزل عن الهواء}]{\Delta} FeO_{(s)} + CO_{2(g)} + CO_{(g)}$$

∴ يستبعد الاختيار Ⓐ

∵ تسخين كربونات الحديد (II) يؤدى إلى تصاعد غاز CO_2 وخروجه من حيز التفاعل، لذا تقل كتلته.

$$FeCO_{3(s)} \xrightarrow{\Delta} FeO_{(s)} + CO_{2(g)}$$

∴ يستبعد الاختيار Ⓑ

∵ الحديد المسخن لدرجة الاحمرار يتفاعل مع الهواء مكونًا أكسيد الحديد المغناطيسى.

$$3Fe_{(s)} + 2O_{2(g)} \xrightarrow{500°C} Fe_3O_{4(s)}$$

∴ تزداد كتلة الحديد بالتسخين لتكون Fe_3O_4

الحـل : الاختيار الصحيح : ج

---

٣ كل مما يأتى من طرق تحضير أكسيد أحمر اللون، عدا ....

أ أكسدة مركب أكسيد الحديد الأسود.

ب تفاعل الحديد المسخن لدرجة الاحمرار مع الهواء.

ج تسخين أكسالات الحديد (II) فى الهواء.

د الانحلال الحرارى لهيدروكسيد الحديد (III).

فكرة الحـل :

∵ أكسيد الحديد (II) يتأكسد بسهولة فى الهواء الساخن مكونًا أكسيد الحديد (III) أحمر اللون.

$$4FeO_{(s)} + O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} 2Fe_2O_{3(s)}$$

∴ يستبعد الاختيار أ

∵ الحديد المسخن لدرجة الاحمرار يتفاعل مع الهواء مكونًا أكسيد الحديد المغناطيسى.

$$3Fe_{(s)} + 2O_{2(g)} \xrightarrow{500°C} Fe_3O_{4(s)}$$

∴ المركب الناتج Fe_3O_4 أسود اللون (وليس أحمر اللون).

الحـل : الاختيار الصحيح : ب

---

٤ ما عدد مولات كل من الحديد والأكسجين وحمض الكبريتيك المركز الساخن اللازمة لتحضير 2 mol من كبريتات الحديد (III) ؟

الاختيارات	عدد مولات الحديد	عدد مولات الأكسجين	عدد مولات حمض الكبريتيك المركز
أ	4	6	3
ب	6	4	3
ج	3	4	6
د	4	3	6

فكرة الحـل :

كبريتات الحديد (III) تنتج من تفاعل أكسيد الحديد (III) مع حمض الكبريتيك المركز الساخن.

$$Fe_2O_{3(s)} + 3H_2SO_{4(aq)} \xrightarrow[conc]{\Delta} Fe_2(SO_4)_{3(aq)} + 3H_2O_{(v)}$$

بضرب معاملات المعادلة × 2 :

$$2Fe_2O_{3(s)} + 6H_2SO_{4(aq)} \xrightarrow[conc]{\Delta} 2Fe_2(SO_4)_{3(aq)} + 6H_2O_{(v)}$$

4 mol Fe، 3 mol O_2، 6 mol H_2SO_4، 2 mol $Fe_2(SO_4)_3$

الحـل : الاختيار الصحيح : د

٥ أى المعادلات الآتية يُمثل فيها الحديد بالرمز (M) ؟

ⓐ $Cu_{(s)} + MSO_{4(aq)} \longrightarrow CuSO_{4(aq)} + M_{(s)}$

ⓑ $MSO_{4(s)} \xrightarrow{\Delta} MO_{(s)} + SO_{3(g)}$

ⓙ $2MSO_{4(s)} \xrightarrow{\Delta} 2MO_{(s)} + 2SO_{2(g)} + O_{2(g)}$

ⓓ $2MSO_{4(s)} \xrightarrow{\Delta} M_2O_{3(s)} + SO_{2(g)} + SO_{3(g)}$

فكرة الحل :

∵ النحاس لا يحل محل الحديد فى محاليل أملاحه، لأن النحاس أقل نشاطًا كيميائيًا من الحديد.

∴ يستبعد الاختيار (أ)

∵ كبريتات الحديد (II) تنحل بالحرارة تبعًا للمعادلة التالية :

$$2FeSO_{4(s)} \xrightarrow{\Delta} Fe_2O_{3(s)} + SO_{2(g)} + SO_{3(g)}$$

∴ يستبعد الاختيارين (ب) ، (جـ)

الحل : الاختيار الصحيح : (د)

---

٦ يمكن تحضير خليط من كلوريد الحديد (II) وكلوريد الحديد (III) بالطرق الآتية، عدا ....

(أ) إمرار بخار ماء على الحديد المسخن لدرجة الاحمرار ثم إضافة حمض HCl المركز الساخن إليه.

(ب) إمرار غاز الكلور على الحديد المسخن لدرجة الاحمرار.

(جـ) تسخين كبريتات الحديد (II) ومعالجة المادة الصلبة الناتجة بغاز CO (at 270°C) ثم إضافة حمض HCl المركز الساخن إليه.

(د) تسخين خليط من هيدروكسيد الحديد (III) وهيدروكسيد الحديد (II) مع حمض الهيدروكلوريك المركز.

فكرة الحل :

∵ عند إمرار بخار ماء على الحديد المسخن لدرجة الاحمرار (500°C) يتكون أكسيد الحديد المغناطيسى.

$$3Fe_{(s)} + 4H_2O_{(v)} \xrightarrow{500°C} Fe_3O_{4(s)} + 4H_{2(g)}$$

وعند إضافة حمض HCl المركز الساخن إلى أكسيد الحديد المغناطيسى يتكون خليط من كلوريد الحديد (II) وكلوريد الحديد (III).

$$Fe_3O_{4(s)} + 8HCl_{(l)} \xrightarrow[conc]{\Delta} FeCl_{2(aq)} + 2FeCl_{3(aq)} + 4H_2O_{(v)}$$

∴ يستبعد الاختيار (أ)

∵ يتفاعل غاز الكلور مع الحديد المسخن لدرجة الاحمرار، تبعًا للمعادلة التالية :

$$2Fe_{(s)} + 3Cl_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} 2FeCl_{3(s)}$$

∴ يتكون كلوريد الحديد (III) فقط وليس خليط من $FeCl_2$ ، $FeCl_3$

الحل : الاختيار الصحيح : (ب)

٧ عند تسخين أكسالات الحديد (II) بمعزل عن الهواء، ثم معالجة المادة الصلبة الناتجة بحمض الكبريتيك المخفف، يتكون ....

(أ) كبريتات الحديد (III) وماء.
(ب) أكسيد الحديد (II) وغازى CO_2 ، CO
(ج) أكسيد الحديد (III) وغاز CO_2
(د) كبريتات الحديد (II) وماء.

فكرة الحل :

عند تسخين أكسالات الحديد (II) بمعزل عن الهواء يتكون أكسيد الحديد (II) الصلب.

$$(COO)_2Fe_{(s)} \xrightarrow[\text{بمعزل عن الهواء}]{\Delta} FeO_{(s)} + CO_{2(g)} + CO_{(g)}$$

وعند معالجة أكسيد الحديد (II) بحمض الكبريتيك المخفف يتكون ملح كبريتات الحديد (II) وماء.

$$FeO_{(s)} + H_2SO_{4(aq)} \xrightarrow{\text{dil}} FeSO_{4(aq)} + H_2O_{(l)}$$

الحل : الاختيار الصحيح : (د)

---

٨ ماذا يحدث عند استخدام غاز أول أكسيد الكربون فى اختزال المركب الصلب الناتج من التسخين الشديد لمركب كبريتات الحديد (II) ؟

(أ) يتكون غاز يعكر ماء الجير الرائق.
(ب) تتكون مجموعة من الغازات جميعها يعكر ماء الجير الرائق.
(ج) تتكون مجموعة من الغازات، إحداها يسود ورقة مبللة بمحلول أسيتات الرصاص (II).
(د) تتكون مجموعة من الغازات، إحداها يُخضر محلول برمنجنات البوتاسيوم المحمض.

فكرة الحل :

التسخين الشديد لمركب كبريتات الحديد (II) يؤدى إلى تكوين أكسيد الحديد (III).

$$2FeSO_{4(s)} \xrightarrow{\Delta} Fe_2O_{3(s)} + SO_{2(g)} + SO_{3(g)}$$

اختزال أكسيد الحديد (III) بغاز أول أكسيد الكربون يؤدى إلى تكوين أكسيد الحديد المغناطيسى مع تصاعد غاز CO_2 الذى يعكر ماء الجير الرائق.

$$3Fe_2O_{3(s)} + CO_{(g)} \xrightarrow{230 : 300°C} 2Fe_3O_{4(s)} + CO_{2(g)}$$

الحل : الاختيار الصحيح : (أ)

---

٩ عندما يفقد أكسيد الحديد (X) بعضًا من أكسجينه يتكون الأكسيد (Y) الذى يفقد بعضًا آخر من أكسجينه فى وجود عامل مختزل وعند درجة حرارة أعلى من 400°C مكونًا الأكسيد (Z).
أى مما يلى يعبر عن كل من الأكاسيد (X) ، (Y) ، (Z) ؟

الاختيارات	الأكسيد (X)	الأكسيد (Y)	الأكسيد (Z)
(أ)	أكسيد الحديد المغناطيسى	أكسيد الحديد (III)	أكسيد الحديد (II)
(ب)	أكسيد الحديد الأحمر	أكسيد الحديد المغناطيسى	أكسيد الحديد (II)
(ج)	أكسيد الحديد (II)	أكسيد الحديد المغناطيسى	أكسيد الحديد الأحمر
(د)	أكسيد الحديد (III)	أكسيد الحديد (II)	أكسيد الحديد المغناطيسى

فكرة الحل :

عندما تفقد أكاسيد الحديد بعضًا من أكسجينها فهذا يعنى اختزالها.

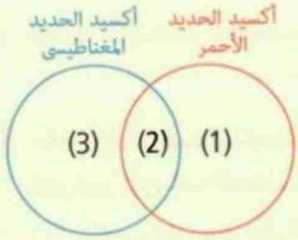
أكسيد الحديد (III) $\xrightarrow{\text{اختزال}}$ أكسيد الحديد المغناطيسى $\xrightarrow{\text{اختزال}}$ أكسيد الحديد (II)
(أكسيد الحديد الأحمر)

- $3Fe_2O_{3(s)} + CO_{(g)} \xrightarrow{230 : 300^\circ C} 2Fe_3O_{4(s)} + CO_{2(g)}$
- $Fe_3O_{4(s)} + CO_{(g)} \xrightarrow{400 : 700^\circ C} 3FeO_{(s)} + CO_{2(g)}$

الحل : الاختيار الصحيح : (ب)

---

١٠ أى مما يلى يُعبر عن كل من (1) ، (2) ، (3) فى شكل فن المقابل ؟



الاختيارات	(1)	(2)	(3)
(أ)	يتفاعل مع الأحماض المركزة مكونًا نوعين من الأملاح	يمكن اختزاله إلى FeO	يمكن الحصول عليه من هيدروكسيد الحديد (III)
(ب)	يمكن الحصول عليه من هيدروكسيد الحديد (III)	يمكن اختزاله إلى FeO	يتفاعل مع الأحماض المركزة مكونًا نوعين من الأملاح
(ج)	يمكن الحصول عليه من هيدروكسيد الحديد (III)	يتفاعل مع الأحماض المركزة مكونًا نوعين من الأملاح	يمكن اختزاله إلى FeO
(د)	يمكن اختزاله إلى FeO	يمكن الحصول عليه من هيدروكسيد الحديد (III)	يتفاعل مع الأحماض المركزة مكونًا نوعين من الأملاح

فكرة الحل :

∵ أكسيد الحديد (III) الأحمر يمكن الحصول عليه من تسخين هيدروكسيد الحديد (III).

$$2Fe(OH)_{3(s)} \xrightarrow{>200^\circ C} Fe_2O_{3(s)} + 3H_2O_{(v)}$$

∴ يستبعد الاختيارين (أ) ، (د)

∵ أكسيد الحديد (II) يمكن الحصول عليه من اختزال أيًا من أكسيد الحديد (III) أو أكسيد الحديد المغناطيسى.

- $Fe_2O_{3(s)} + H_{2(g)} \xrightarrow{400 : 700^\circ C} 2FeO_{(s)} + H_2O_{(v)}$
- $Fe_3O_{4(s)} + H_{2(g)} \xrightarrow{400 : 700^\circ C} 3FeO_{(s)} + H_2O_{(v)}$

∴ يستبعد الاختيار (ج)

الحل : الاختيار الصحيح : (ب)



الباب 2

التحليل الكيميائى

الدرس الأول
من: بدايـــة البـــاب.
إلى: ما قبل الكشف عن الكاتيونـــات.

الدرس الثانى
من: الكشـــف عن الكاتيونـــات.
إلى: ما قبل التحليل الكيميائى الكمى.

الدرس الثالث
من: التحليـــل الكيميـــائى الكمى.
إلى: نهـايـة البـــاب.

الباب 2

الدرس الأول

من بدايـــة البـــاب

إلى ما قبل الكشف عن الكاتيونات

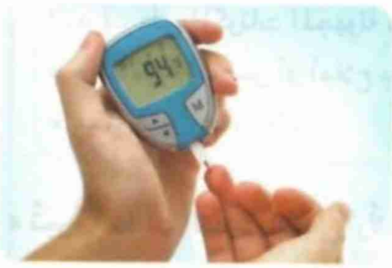
التحليل الكيميائى

التحليل الكيميائى أحد فروع علم الكيمياء التى تساهم بدور كبير فى :

- تقدم علم الكيمياء.
- تطوير مجالات العلوم المختلفة، كما يتضح مما يلى :

١ دور التحليل الكيميائى فى مجال الطب :

- تقدير كميات المكونات الفعالة فى الدواء.
- تسـهيل مهمة الطبيـب فى التشـخيص والعلاج كما فـى تقديـر نسـب كل من السـكر والـزلال والبولينا والكوليسترول فى الدم والبول.



تحليل فورى لسكر الجلوكوز فى الدم

٢ دور التحليل الكيميائى فى مجال الزراعة :

معرفـة خـواص التربة مـن حيث الحموضـة والقاعدية ونـوع ونسـب العناصر الموجودة بهـا وبالتالى إمكانية تحسـين خواصهـا ومعالجتهـا بالأسـمدة المناسـبة، لضمان جودة المحاصيل.



جهاز قياس pH الرقمى المستخدم فى قياس حموضة أو قاعدية التربة

٣ دور التحليل الكيميائى فى مجال الصناعة :

تحديد مـدى مطابقـة الخامـات والمنتجـات الصناعية للمواصفات القياسية.

٤ دور التحليل الكيميائى فى مجال البيئة :

- معرفـة وقياس محتـوى المياه والأغذية مـن الملوثات البيئية الضارة.
- معرفة وقياس نسب غازات أول أكسيد الكربون (CO) وثانى أكسـيد الكبريت (SO_2) وأكاسيد النيتروجين فى الهواء الجوى.



جهاز pH الرقمى تظهر على شاشته قيمة pH للمطر الحامضى

أنواع التحليل الكيميائى

يتم التحليل الكيميائى لمعرفة الرموز والصيغ الكيميائية لـ :

- العناصر المكونة للمواد
- المواد المكونة للمخاليط

وذلك من خلال نوعين من التحاليل، هما :

التحليل الوصفى (الكيفى أو النوعى)

بهدف

التعرف على المكونات المجهولة بالمواد، سواء كانت :

- **مادة نقية** (عنصر أو أملاح بسيطة).
- **مخلوط** من عدة مواد.

التحليل الكمى

بهدف

تقدير نسبة كل مكون من المكونات الأساسية فى المادة المجهولة

تُجرى عمليات التحليل الكيفى أولًا للتعرف على مكونات المادة، حتى نتمكن من اختيار أنسب الطرق لتحليلها كميًا.

التحليل الكيميائى الوصفى

التحليل الكيميائى الوصفى هو سلسلة من التفاعلات المناسبة التى تُجرى للكشف عن المكونات الأساسية لمادة مجهولة، على أساس التغيرات الحادثة فى هذه التفاعلات.

وإذا اتضح من التحليل الوصفى للمادة أنها :

نقية

فإنه يمكن التعرف عليها من ثوابتها الفيزيائية، **مثل :**

- درجة الانصهار.
- درجة الغليان.
- الكتلة المولية ... ألخ.

مخلوط

فإنه يجب أولًا فصل مكوناتها النقية
– كل مادة على حدى –
ثم الكشف عنها بالكاشف المناسب

يصنف التحليل الكيميائى الوصفى
إلى فرعين، هما :

تحليل المركبات العضوية

يتم فيه الكشف عن العناصر والمجموعات الوظيفية الموجودة فى المركب، بغرض التعرف عليه

تحليل المركبات غير العضوية

يتم فيه الكشف عن الأيونات التى يتكون منها المركب غير العضوى (الأملاح الأيونية البسيطة)، **ويشمل الكشف عن :**

- الأنيونات (الشقوق الحامضية).
- الكاتيونات (الشقوق القاعدية).

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: التعرف على مفهوم التحليل الكيميائى وأنواعه..

١ ما مجال التحليل الكيميائى المستخدم فى تقدير الصيغة الكيميائية لمستحضر دوائى مستخلص من النبات ؟

(أ) مجال الزراعة. (ب) مجال الطب.

(ج) مجال الصناعة. (د) مجال البيئة.

فكرة الحل :

استخلاص المواد الفعالة من بعض النباتات ومعرفة كمياتها اللازمة لصناعة الأدوية يعتبر من مجالات التحليل الكيميائى فى مجالات الطب المتعددة.

الحل : الاختيار الصحيح : (ب)

٢ أى مما يلى يدل على تطبيقات التحليل الكيميائى ؟

الاختيارات	يدخل عنصرى Fe ، S فى تركيب كبريتيد الحديد (II)	تتغير كثافة سبيكة من الذهب والفضة بتغير نسب مكوناتها
(أ)	تحليل كيفى	تحليل كيفى
(ب)	تحليل كيفى	تحليل كمى
(ج)	تحليل كمى	تحليل كيفى
(د)	تحليل كمى	تحليل كمى

فكرة الحل :

∵ التحليل الكيفى يهتم بالتعرف على المكونات المجهولة بالمواد، كمعرفة أن ملح كبريتيد الحديد (II) مكون من اتحاد عنصرى الحديد والكبريت.

∴ يستبعد الاختيارين (ج) ، (د)

∵ التحليل الكمى يهتم بتقدير نسبة كل مكون من المكونات الأساسية فى المادة المجهولة كتقدير نسب الذهب والفضة فى سبيكة منهما.

∴ يستبعد الاختيار (أ)

الحل : الاختيار الصحيح : (ب)

★ وسنكتفى فى دراسة التحليل الكيميائى الوصفى بدراسة الكشف عن الأنيونات و الكاتيونات فى المركبات غير العضوية.

الكشف عن الأنيونات (الشقوق الحامضية) فى المركبات غير العضوية

تقسم الأنيونات إلى ثلاث مجموعات – يوضحها المخطط الآتى – ولكل منها كاشف معين، تسمى به المجموعة.

مجموعات الأنيونات

- **أولاً** مجموعة أنيونات حمض الهيدروكلوريك المخفف
  1. الكربونات CO_3^{2-}
  2. البيكربونات HCO_3^-
  3. الكبريتيت SO_3^{2-}
  4. الكبريتيد S^{2-}
  5. الثيوكبريتات $S_2O_3^{2-}$
  6. النيتريت NO_2^-
- **ثانيا** مجموعة أنيونات حمض الكبريتيك المركز
  1. الكلوريد Cl^-
  2. البروميد Br^-
  3. اليوديد I^-
  4. النترات NO_3^-
- **ثالثًا** مجموعة أنيونات محلول كلوريد الباريوم
  1. الفوسفات PO_4^{3-}
  2. الكبريتات SO_4^{2-}

أولاً مجموعة أنيونات حمض الهيدروكلوريك المخفف

تشتمل هذه المجموعة على الأنيونات التالية :

١	٢	٣	٤	٥	٦
الكربونات CO_3^{2-}	البيكربونات HCO_3^-	الكبريتيت SO_3^{2-}	الكبريتيد S^{2-}	الثيوكبريتات $S_2O_3^{2-}$	النيتريت NO_2^-

شاهد الفيديو

أساس الكشف

حمض الهيدروكلوريك أكثر ثباتًا من الأحماض التى اشتقت منها أنيونات هذه المجموعة، لذا عند تفاعله مع أملاحها، فإن الحمض الأكثر ثباتًا يطرد الحمض الأقل ثباتًا (السهل التطاير أو الانحلال) فى صورة غاز، يمكن التعرف عليه بالكاشف المناسب.

خطأ شائع

اعتبار أن حمض الهيدروكلوريك أكثر قوة أو أكثر نشاطًا من الأحماض التى اشتقت منها أنيونات هذه المجموعة والصواب أنه أكثر ثباتًا

ملحوظة

يفضل التسخين الهين فى تفاعلات الكشف عن أنيونات مجموعة حمض الهيدروكلوريك المخفف.

لأن ذلك يساعد على طرد الغازات الناتجة، فيسهل الكشف عنها.

التجربة الأساسية | الملح الصلب + حمض الهيدروكلوريك المخفف

١ أنيون الكربونات CO_3^{2-} | ٢ أنيون البيكربونات HCO_3^-

التجربة الأساسية

شاهد الفيديو

شاهد الفيديو

عند إضافة حمض الهيدروكلوريك المخفف إلى :

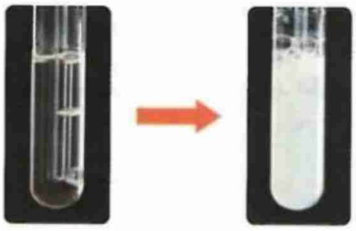
ملح الكربونات الصلب	ملح البيكربونات الصلب

يحدث فوران لتصاعد غاز ثانى أكسيد الكربون

الذى يعكر ماء الجير الرائق عند إمراره فيه لمدة قصيرة – **Short Time** –

$$\underset{\text{كربونات صوديوم}}{Na_2CO_{3(s)}} + \underset{\text{حمض هيدروكلوريك}}{2HCl_{(aq)}} \xrightarrow{dil} \underset{\text{كلوريد صوديوم}}{2NaCl_{(aq)}} + \underset{\text{ماء}}{H_2O_{(l)}} + \underset{\text{ثانى أكسيد الكربون}}{CO_{2(g)}}$$

$$\underset{\text{بيكربونات صوديوم}}{NaHCO_{3(s)}} + \underset{\text{حمض هيدروكلوريك}}{HCl_{(aq)}} \xrightarrow{dil} \underset{\text{كلوريد صوديوم}}{NaCl_{(aq)}} + \underset{\text{ماء}}{H_2O_{(l)}} + \underset{\text{ثانى أكسيد الكربون}}{CO_{2(g)}}$$



شاهد الفيديو

تعكر ماء الجير الرائق عند إمرار غاز CO_2 فيه لمدة قصيرة

$$\underset{\text{ثانى أكسيد الكربون}}{CO_{2(g)}} + \underset{\text{هيدروكسيد كالسيوم (ماء الجير الرائق)}}{Ca(OH)_{2(aq)}} \xrightarrow{S.T} \underset{\text{كربونات كالسيوم}}{CaCO_{3(s)}} + \underset{\text{ماء}}{H_2O_{(l)}}$$

ملحوظات

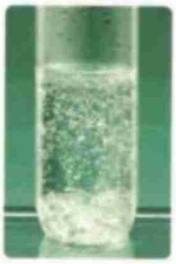
(١) لا يصلح حمض الهيدروكلوريك المخفف فى التمييز بين ملحى كربونات الصوديوم و بيكربونات الصوديوم.

لأن كلًا منهما يكوِّن مع حمض الهيدروكلوريك المخفف غاز ثانى أكسيد الكربون الذى يعكر ماء الجير الرائق.

اختبر نفسك بكتابة معادلات التفاعلات

• ....

• ....



تصاعد فقاعات غاز ثانى أكسيد الكربون

(٢) لا يمرر غاز CO_2 – لمدة طويلة Long Time – فى ماء الجير الرائق، عند الكشف عنه.

حتى لا تتحول كربونات الكالسيوم – الناتجة عن تفاعل ماء الجير مع غاز CO_2 – إلى بيكربونات الكالسيوم فيختفى الراسب.

$$CaCO_{3(s)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)} \xrightarrow{L.T} Ca(HCO_3)_{2(aq)}$$

التجربة التأكيدية

عند إضافة محلول **كبريتات الماغنسيوم** إلى :

محلول ملح الكربونات

يتكون **راسب أبيض على البارد** من **كربونات الماغنسيوم** يذوب فى **حمض الهيدروكلوريك**

$$\underset{\text{كربونات صوديوم}}{Na_2CO_{3(aq)}} + \underset{\text{كبريتات ماغنسيوم}}{MgSO_{4(aq)}} \longrightarrow \underset{\text{كبريتات صوديوم}}{Na_2SO_{4(aq)}} + \underset{\text{كربونات ماغنسيوم (راسب أبيض)}}{MgCO_{3(s)}}$$

$$\underset{\text{كربونات ماغنسيوم}}{MgCO_{3(s)}} + \underset{\text{حمض هيدروكلوريك}}{2HCl_{(aq)}} \xrightarrow{dil} \underset{\text{كلوريد ماغنسيوم}}{MgCl_{2(aq)}} + \underset{\text{ماء}}{H_2O_{(l)}} + \underset{\text{ثانى أكسيد الكربون}}{CO_{2(g)}}$$

محلول ملح البيكربونات

يتكون **راسب أبيض** من **كربونات الماغنسيوم بعد التسخين**

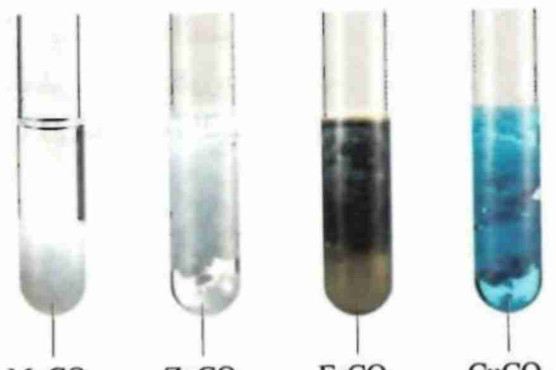
$$\underset{\text{بيكربونات صوديوم}}{2NaHCO_{3(aq)}} + \underset{\text{كبريتات ماغنسيوم}}{MgSO_{4(aq)}} \longrightarrow \underset{\text{كبريتات صوديوم}}{Na_2SO_{4(aq)}} + \underset{\text{بيكربونات ماغنسيوم}}{Mg(HCO_3)_{2(aq)}}$$

$$\underset{\text{بيكربونات ماغنسيوم}}{Mg(HCO_3)_{2(aq)}} \xrightarrow{\Delta} \underset{\text{كربونات ماغنسيوم (راسب أبيض)}}{MgCO_{3(s)}} + \underset{\text{ماء}}{H_2O_{(l)}} + \underset{\text{ثانى أكسيد الكربون}}{CO_{2(g)}}$$

ملحوظات

شاهد الفيديو

* جميع أملاح **البيكربونات قابلة** للذوبان فى الماء.
* جميع أملاح **كربونات الفلزات** :
  - **تذوب فى** الأحماض.
  - **لا تذوب** فى الماء، عدا كربونات كل من الصوديوم و البوتاسيوم و الأمونيوم.



لا تذوب معظم كربونات الفلزات فى الماء

التجربة الأساسية

عند إضافة حمض الهيدروكلوريك المخفف إلى :

شاهد الفيديو

٣ أنيون الكبريتيت SO_3^{2-}

ملح الكبريتيت الصلب

يتصاعد غاز ثانى أكسيد الكبريت ذو الرائحة النفاذة

$$Na_2SO_{3(s)} + 2HCl_{(aq)} \xrightarrow{dil} 2NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)} + SO_{2(g)}$$

كبريتيت صوديوم + حمض هيدروكلوريك ← كلوريد صوديوم + ماء + ثانى أكسيد الكبريت

* عند تعرض ورقة مبللة بمحلول ثانى كرومات البوتاسيوم المحمض بحمض الكبريتيك المركز لغاز ثانى أكسيد الكبريت المتصاعد فإنها تخضر، لتكون مادة كبريتات الكروم (III) خضراء اللون.



يخضر غاز SO_2 ورقة مبللة بمحلول $K_2Cr_2O_7$ المحمض بحمض H_2SO_4 المركز

$$K_2Cr_2O_{7(aq)} + 3SO_{2(g)} + H_2SO_{4(aq)} \longrightarrow K_2SO_{4(aq)} + Cr_2(SO_4)_{3(aq)} + H_2O_{(l)}$$

ثانى كرومات بوتاسيوم + ثانى أكسيد الكبريت + حمض كبريتيك مركز ← كبريتات بوتاسيوم + كبريتات كروم (III) + ماء

٤ أنيون الكبريتيد S^{2-}

ملح الكبريتيد الصلب

يتصاعد غاز كبريتيد الهيدروجين ذو الرائحة الكريهة

$$Na_2S_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \xrightarrow{dil} 2NaCl_{(aq)} + H_2S_{(g)}$$

كبريتيد صوديوم + حمض هيدروكلوريك ← كلوريد صوديوم + كبريتيد هيدروجين

* عند تعرض ورقة مبللة بمحلول أسيتات الرصاص (II) لغاز كبريتيد الهيدروچين المتصاعد فإنها تسود، لتكون مادة كبريتيد الرصاص (II) سوداء اللون.



يسود غاز H_2S ورقة مبللة بمحلول أسيتات الرصاص (II)

$$(CH_3COO)_2Pb_{(aq)} + H_2S_{(g)} \longrightarrow 2CH_3COOH_{(aq)} + PbS_{(s)}$$

أسيتات رصاص (II) + كبريتيد هيدروچين ← حمض أسيتيك + كبريتيد رصاص (II)

٥ أنيون الثيوكبريتات $S_2O_3^{2-}$

ملح الثيوكبريتات الصلب

يتصاعد غاز ثانى أكسيد الكبريت ويظهر راسب أصفر، نتيجة لتعلق الكبريت فى المحلول



تعلق الكبريت فى المحلول يظهر على هيئة راسب أصفر

$$Na_2S_2O_{3(s)} + 2HCl_{(aq)} \xrightarrow{dil} 2NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)} + SO_{2(g)} + S_{(s)}$$

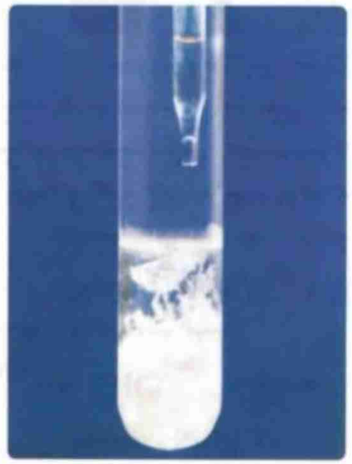
ثيوكبريتات صوديوم + حمض هيدروكلوريك ← كلوريد صوديوم + ماء + ثانى أكسيد الكبريت + كبريت

التجربة التأكيدية

عند إضافة محلول **نترات الفضة** إلى :

محلول ملح الكبريتيت

يتكون **راسب أبيض** من **كبريتيت الفضة** **يسود** بالتسخين



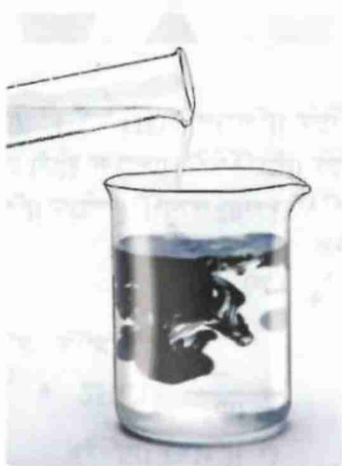
راسب كبريتيت الفضة الأبيض

$$Na_2SO_{3(aq)} + 2AgNO_{3(aq)} \longrightarrow Ag_2SO_{3(s)} + 2NaNO_{3(aq)}$$

كبريتيت صوديوم — نترات فضة — كبريتيت فضة (راسب أبيض) — نترات صوديوم

محلول ملح الكبريتيد

يتكون **راسب أسود** من **كبريتيد الفضة**



راسب كبريتيد الفضة الأسود

$$Na_2S_{(aq)} + 2AgNO_{3(aq)} \longrightarrow 2NaNO_{3(aq)} + Ag_2S_{(s)}$$

كبريتيد صوديوم — نترات فضة — نترات صوديوم — كبريتيد فضة (راسب أسود)

عند إضافة محلول **اليود** إلى :

محلول ملح الثيوكبريتات

يزول لون محلول اليود البنى،
لتكون محلول يوديد الصوديوم عديم اللون



يزول لون محلول اليود البنى عند تفاعله مع محلول ثيوكبريتات الصوديوم

$$2Na_2S_2O_{3(aq)} + I_{2(aq)} \longrightarrow Na_2S_4O_{6(aq)} + 2NaI_{(aq)}$$

ثيوكبريتات صوديوم — يود — رباعى ثيونات صوديوم — يوديد صوديوم

٦ أنيون النيتريت NO_2^-

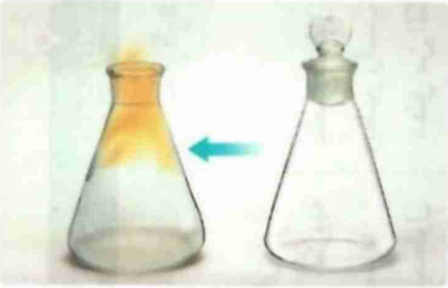
التجربة الأساسية

شاهد الفيديو

عند إضافة حمض الهيدروكلوريك المخفف إلى :

ملح النيتريت الصلب

يتصاعد غاز أكسيد النيتريك عديم اللون والذى يتحول عند فوهة إناء التفاعل إلى اللون البنى المحمر لاتحاده بالأكسچين مكونًا غاز ثانى أكسيد النيتروچين.



غاز NO عديم اللون يتحول عند تفاعله مع الأكسچين إلى غاز NO_2 البنى المحمر

$$NaNO_{2(s)} + HCl_{(aq)} \longrightarrow NaCl_{(aq)} + HNO_{2(aq)}$$

نيتريت صوديوم + حمض هيدروكلوريك ← كلوريد صوديوم + حمض نيتروز

$$3HNO_{2(aq)} \longrightarrow HNO_{3(aq)} + H_2O_{(l)} + 2NO_{(g)}$$

حمض نيتروز ← حمض نيتريك + ماء + أكسيد نيتريك

$$2NO_{(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2NO_{2(g)}$$

أكسيد نيتريك + أكسچين ← ثانى أكسيد النيتروچين

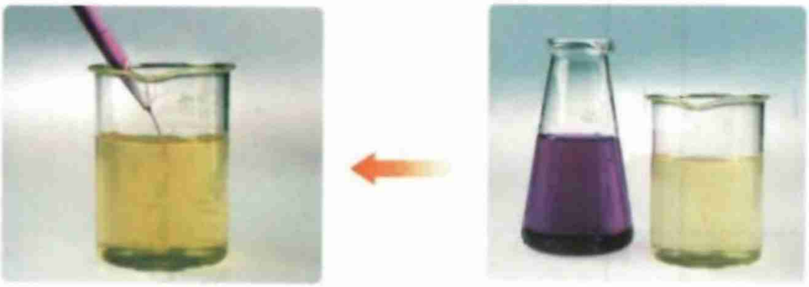
التجربة التأكيدية

عند إضافة محلول برمنجنات البوتاسيوم المحمضة بحمض الكبريتيك المركز إلى :

محلول ملح النيتريت

يزول لون البرمنجنات البنفسجى،

لاختزال محلول برمنجنات البوتاسيوم متحولًا إلى محاليل أملاح أخرى خليطها عديم اللون



يزيل محلول ملح النيتريت لون البرمنجنات البنفسجى

$$5NaNO_{2(aq)} + 2KMnO_{4(aq)} + 3H_2SO_{4(aq)} \longrightarrow$$

نيتريت صوديوم + برمنجنات بوتاسيوم + حمض كبريتيك

$$5NaNO_{3(aq)} + K_2SO_{4(aq)} + 2MnSO_{4(aq)} + 3H_2O_{(l)}$$

نترات صوديوم + كبريتات بوتاسيوم + كبريتات منجنيز (II) + ماء

للإيضاح فقط

لماذا يضاف حمض الكبريتيك المركز إلى محلول برمنجنات البوتاسيوم عند استخدامه كعامل مؤكسد ؟

للاستفادة من غاز الأكسچين الناتج من تفاعلهما فى عملية الأكسدة.

$$4KMnO_{4(aq)} + 6H_2SO_{4(l)} \longrightarrow 2K_2SO_{4(aq)} + 4MnSO_{4(aq)} + 6H_2O_{(l)} + 5O_{2(g)}$$

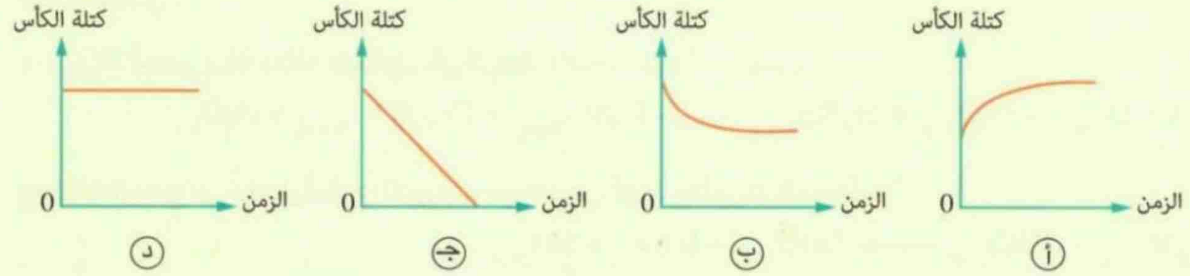
• ويمكن إجمال الكشف عن مجموعة أنيونات حمض الهيدروكلوريك المخفف فى الجدول التالى :

الأنيون / الكاشف	١ الكربونات CO_3^{2-}	٢ البيكربونات HCO_3^-	٣ الكبريتيت SO_3^{2-}	٤ الكبريتيد S^{2-}	٥ الثيوكبريتات $S_2O_3^{2-}$	٦ النيتريت NO_2^-
الملح	Na_2CO_3	$NaHCO_3$	Na_2SO_3	Na_2S	$Na_2S_2O_3$	$NaNO_2$
HCl مخفف	يحدث فوران لتصاعد غاز CO_2 الذى يعكر ماء الجير الرائق		يتصاعد غاز SO_2 ذو الرائحة النفاذة والذى يخضر ورقة مبللة بمحلول $K_2Cr_2O_7$ المحمض بحمض H_2SO_4 المركز	يتصاعد غاز H_2S ذو الرائحة الكريهة والذى يسود ورقة مبللة بمحلول أسيتات الرصاص (II)	يتصاعد غاز SO_2 ويظهر راسب أصفر معلق من الكبريت	يتصاعد غاز NO عديم اللون والذى يتحول عند فوهة الأنبوبة إلى اللون البنى المحمر
$MgSO_4$	يتكون راسب أبيض على البارد	يتكون راسب أبيض بعد التسخين	—	—	—	—
$AgNO_3$	—	—	يتكون راسب أبيض يسود بالتسخين	يتكون راسب أسود	—	—
محلول I_2 البنى	—	—	—	—	يزول لون اليود البنى	—
محلول $KMnO_4$ البنفسجى المحمض بحمض H_2SO_4 المركز	—	—	—	—	—	يزول لون البرمنجنات البنفسجى

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: الكشف عن بعض الشقوق الحامضية (مجموعة أنيونات حمض الهيدروكلوريك المخفف).

١ أى الأشكال البيانية الآتية يعبر عن كتلة كأس تحتوى على خليط من كربونات الصوديوم و وفرة من حمض الهيدروكلوريك المخفف بمرور الوقت ؟



فكرة الحل :

تتفاعل كربونات الصوديوم مع حمض الهيدروكلوريك المخفف، تبعًا للمعادلة :

$$Na_2CO_{3(s)} + 2HCl_{(aq)} \xrightarrow{dil} 2NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$$

ويؤدى تصاعد غاز CO_2 من الكأس مع وجود باقى مواد التفاعل فيها إلى حدوث نقص فى كتلة الكأس بما يساوى كتلة غاز CO_2 المتصاعد، حيث لا تصل كتلة الكأس إلى الصفر.

الحل : الاختيار الصحيح : (ب)

---

٢ تتفق أملاح الكربونات والبيكربونات فى كل مما يأتى، عدا إنها ....

(أ) تشتق من حمض واحد.
(ب) تذوب جميعها فى الماء.
(جـ) تتفاعل مع حمض HCl المخفف مكونة غاز CO_2
(د) تتفاعل محاليلها مع محلول $MgSO_4$ مكونة راسب أبيض فى ظروف مختلفة.

فكرة الحل :

∵ كل من أملاح الكربونات CO_3^{2-} والبيكربونات HCO_3^- مشتقة من حمض الكربونيك H_2CO_3

∴ يستبعد الاختيار (أ)

∵ جميع أملاح الكربونات لا تذوب فى الماء، عدا كربونات كل من الصوديوم والبوتاسيوم والأمونيوم، بينما جميع أملاح البيكربونات تذوب فى الماء.

∴ ليست جميع أملاح الكربونات والبيكربونات تذوب فى الماء.

الحل : الاختيار الصحيح : (ب)

٣ تتفاعل المادة (X) مع حمض الهيدروكلوريك المخفف مكونة غاز يتفاعل مع محلول ثانى كرومات البوتاسيوم المحمض مكونًا مادة خضراء اللون. ما اسم المادة (X) ؟

أ كلوريد البوتاسيوم.
ب كبريتات الصوديوم.
ج كربونات الصوديوم.
د كبريتيت البوتاسيوم.

فكرة الحل :

غاز SO_2 يُخضر ورقة مبللة بمحلول ثانى كرومات البوتاسيوم المحمض.

$$K_2Cr_2O_{7(aq)} + 3SO_{2(g)} + H_2SO_{4(aq)} \longrightarrow K_2SO_{4(aq)} + Cr_2(SO_4)_{3(aq)} + H_2O_{(l)}$$

وهذا الغاز ينتج من تفاعل أملاح الكبريتيت مع حمض الهيدروكلوريك المخفف.

$$K_2SO_{3(s)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow 2KCl_{(aq)} + H_2O_{(l)} + SO_{2(g)}$$

∴ المادة (X) هى كبريتيت البوتاسيوم.

الحل : الاختيار الصحيح : د

---

٤ تبعًا لنواتج التفاعلين المقابلين :

• $X + HCl_{(aq)} \xrightarrow{dil}$ غاز (Y) عديم اللون كريه الرائحة

• $Y + (CH_3COO)_2Pb_{(aq)} \longrightarrow$ مادة صلبة سوداء اللون

أى مما يأتى يعبر عن كل من أنيون المركب (X) والغاز (Y) ؟

الاختيارات	أنيون المركب (X)	الغاز (Y)
أ	SO_3^{2-}	SO_2
ب	Cl^-	HCl
ج	S^{2-}	H_2S
د	CO_3^{2-}	CO_2

فكرة الحل :

عند إضافة حمض الهيدروكلوريك المخفف إلى ملح الكبريتيد S^{2-} يتصاعد غاز H_2S كريه الرائحة (رائحة البيض الفاسد).

$$Na_2S_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow 2NaCl_{(aq)} + H_2S_{(g)}$$

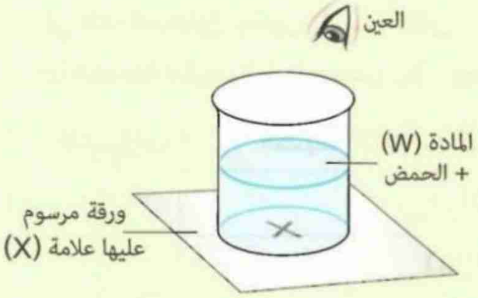
وغاز H_2S يسود ورقة مبللة بمحلول أسيتات الرصاص (II).

$$(CH_3COO)_2Pb_{(aq)} + H_2S_{(g)} \longrightarrow 2CH_3COOH_{(aq)} + PbS_{(s)}$$

الحل : الاختيار الصحيح : ج

٥ فى تجربة معملية قام أحد الطلاب بالخطوتين التاليتين :

- وضع ورقة مرسوم عليها علامة X أسفل الكأس الموضوعة فيها خليط من المادة (W) مع حمض الهيدروكلوريك المخفف.
- قاس الزمن المستغرق فى اختفاء العلامة X عند النظر إليها من خلال خليط التفاعل (كما بالشكل المقابل).



أى المواد الآتية تعبر عن المادة (W) ؟

Ⓐ نيتريت الصوديوم.
Ⓑ بيكربونات الصوديوم.
Ⓒ كبريتيت الصوديوم.
Ⓓ ثيوكبريتات الصوديوم.

فكرة الحل :

اختفاء العلامة X يرجع إلى تكون مادة فى خليط التفاعل تعوق رؤيتها (راسب أو مادة معلقة).

∵ تفاعل نيتريت الصوديوم مع حمض الهيدروكلوريك المخفف لا يؤدى إلى تكوين راسب.

$$NaNO_{2(s)} + HCl_{(aq)} \longrightarrow NaCl_{(aq)} + HNO_{2(aq)}$$

∴ يستبعد الاختيار Ⓐ

∵ تفاعل بيكربونات الصوديوم مع حمض الهيدروكلوريك المخفف لا يؤدى إلى تكوين راسب.

$$NaHCO_{3(s)} + HCl_{(aq)} \longrightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$$

∴ يستبعد الاختيار Ⓑ

∵ تفاعل كبريتيت الصوديوم مع حمض الهيدروكلوريك المخفف لا يؤدى إلى تكوين راسب.

$$Na_2SO_{3(s)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow 2NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)} + SO_{2(g)}$$

∴ يستبعد الاختيار Ⓒ

∵ تفاعل ثيوكبريتات الصوديوم مع حمض الهيدروكلوريك المخفف يؤدى إلى تكوين راسب أصفر نتيجة لتعلق الكبريت فى المحلول.

$$Na_2S_2O_{3(s)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow 2NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)} + SO_{2(g)} + S_{(s)}$$

∴ معلق الكبريت سوف يعيق رؤية العلامة X بمرور الوقت.

الحل : الاختيار الصحيح : Ⓓ

٦ يتكون محلول عديم اللون عند إضافة فلز الصوديوم إلى الحمض (X) ، وعند إضافة محلول نترات الفضة إلى هذا المحلول يتكون راسب أبيض.
ما الصيغة الكيميائية للحمض (X) ، وما تأثير الحرارة على الراسب المتكون ؟

الاختيارات	الصيغة الكيميائية للحمض (X)	تأثير الحرارة على الراسب المتكون
أ	$H_2S_{(aq)}$	لا يحدث تغير لونى
ب	$H_2SO_{3(aq)}$	يسود بالتسخين
ج	$HNO_{2(aq)}$	يزول الراسب بالتسخين
د	$HNO_{3(aq)}$	يسود بالتسخين

فكرة الحل :

* يتفاعل الصوديوم مع حمض H_2S مكونًا محلول Na_2S

$$2Na_{(s)} + H_2S_{(aq)} \longrightarrow Na_2S_{(aq)} + H_{2(g)}$$

∵ محلول Na_2S يتفاعل مع محلول نترات الفضة مكونًا راسب أسود اللون.

$$Na_2S_{(aq)} + 2AgNO_{3(aq)} \longrightarrow 2NaNO_{3(aq)} + Ag_2S_{(s)}$$

∴ يستبعد الاختيار (أ)

* يتفاعل الصوديوم مع حمض H_2SO_3 مكونًا محلول Na_2SO_3

$$2Na_{(s)} + H_2SO_{3(aq)} \longrightarrow Na_2SO_{3(aq)} + H_{2(g)}$$

∵ محلول Na_2SO_3 يتفاعل مع محلول نترات الفضة مكونًا راسب أبيض من Ag_2SO_3 يسود بالتسخين.

$$Na_2SO_{3(aq)} + 2AgNO_{3(aq)} \longrightarrow Ag_2SO_{3(s)} + 2NaNO_{3(aq)}$$

الحل : الاختيار الصحيح : (ب)

٧ عند إضافة المحلول (X) إلى محلول مائى من سكر الجلوكوز يتحول اللون الأزرق إلى اللون البرتقالى، وعند إضافة المحلول (Y) إلى محلول يحتوى على أيونات الثيوكبريتات يزول اللون البنى.
أى مما يلى يعبر عن المحلولين (X) ، (Y) ؟

الاختيارات	المحلول (X)	المحلول (Y)
أ	محلول فهلنج	حمض الهيدروكلوريك المخفف
ب	حمض الكبريتيك المركز	محلول اليود
ج	محلول فهلنج	محلول اليود
د	حمض الكبريتيك المركز	حمض الهيدروكلوريك المخفف

فكرة الحل :

∵ عند إضافة محلول فهلنج الأزرق إلى محلول سكر الجلوكوز يتحول اللون الأزرق إلى اللون البرتقالى.

∴ يستبعد الاختيارين ب ، د

∵ عند إضافة محلول اليود البنى إلى محلول يحتوى على أيونات الثيوكبريتات يزول اللون البنى.

$$2Na_2S_2O_{3(aq)} + I_{2(aq)} \longrightarrow \underset{\text{رباعى ثيونات الصوديوم}}{Na_2S_4O_{6(aq)}} + 2NaI_{(aq)}$$

∴ يستبعد الاختيار أ

الحل : الاختيار الصحيح : ج

ثانيا مجموعة أنيونات حمض الكبريتيك المركز

تشتمل هذه المجموعة على الأنيونات التالية :

1. الكلوريد Cl^-
2. البروميد Br^-
3. اليوديد I^-
4. النترات NO_3^-

أساس الكشف

حمض الكبريتيك أكثر ثباتًا من الأحماض التى اشتقت منها أنيونات هذه المجموعة، لذا عند تفاعله مع أملاحها بالتسخين، فإن الحمض الأكثر ثباتًا يطرد الحمض الأقل ثباتًا فى صورة غاز، يمكن التعرف عليه بالكاشف المناسب.

شاهد الفيديو

ملحوظات

(١) يلزم التسخين فى تفاعلات الكشف عن أنيونات مجموعة حمض الكبريتيك المركز.

لفصل الأحماض الناتجة – الأقل ثباتًا – فى صورة غازية، حتى يسهل الكشف عنها.

(٢) يستخدم حمض الهيدروكلوريك فى الكشف عن أنيون النيتريت NO_2^-
ولا يستخدم فى الكشف عن أنيون النترات NO_3^-

لأن حمض الهيدروكلوريك أكثر ثباتًا من الحمض المشتق منه مجموعة النيتريت (HNO_2) وأقل ثباتًا من الحمض المشتق منه مجموعة النترات (HNO_3).

التجربة الأساسية الملح الصلب + حمض الكبريتيك المركز ... مع التسخين

التجربة الأساسية

عند إضافة حمض الكبريتيك المركز مع التسخين إلى :

١ أنيون الكلوريد Cl^-

شاهد الفيديو

ملح الكلوريد الصلب

* يتصاعد غاز كلوريد الهيدروچين عديم اللون.

$$2NaCl_{(s)} + H_2SO_{4(l)} \xrightarrow[\Delta]{conc} Na_2SO_{4(aq)} + 2HCl_{(g)}$$

كلوريد صوديوم + حمض كبريتيك ← كبريتات صوديوم + كلوريد هيدروچين

* عند تقريب ساق زجاجية مبللة بمحلول النشادر (محلول الأمونيا) من غاز كلوريد الهيدروچين المتصاعد تتكون سحب بيضاء من كلوريد الأمونيوم.



سحب كلوريد الأمونيوم البيضاء

$$HCl_{(g)} + NH_{3(g)} \longrightarrow NH_4Cl_{(s)}$$

كلوريد هيدروچين + نشادر ← كلوريد أمونيوم

٢ أنيون البروميد Br^-

ملح البروميد الصلب

* يتصاعد غاز بروميد الهيدروچين عديم اللون.

$$2NaBr_{(s)} + H_2SO_{4(l)} \xrightarrow[\Delta]{conc} Na_2SO_{4(aq)} + 2HBr_{(g)}$$

بروميد صوديوم + حمض كبريتيك ← كبريتات صوديوم + بروميد هيدروچين

* يتأكسد جزء من غاز بروميد الهيدروچين المتصاعد بفعل حمض الكبريتيك وتنفصل أبخرة البروم البرتقالية الحمراء والتى تسبب اصفرار ورقة مبللة بمحلول النشا.



أبخرة البروم البرتقالية الحمراء

$$2HBr_{(g)} + H_2SO_{4(l)} \xrightarrow{conc} 2H_2O_{(l)} + SO_{2(g)} + Br_{2(v)}$$

بروميد هيدروچين + حمض كبريتيك ← ماء + ثانى أكسيد الكبريت + بروم

٣ أنيون اليوديد I^-

شاهد الفيديو

شاهد الفيديو

ملح اليوديد الصلب

* يتصاعد غاز يوديد الهيدروچين عديم اللون.

$$2KI_{(s)} + H_2SO_{4(l)} \xrightarrow[\Delta]{conc} K_2SO_{4(aq)} + 2HI_{(g)}$$

يوديد بوتاسيوم + حمض كبريتيك ← كبريتات بوتاسيوم + يوديد هيدروچين

* يتأكسد جزء من غاز يوديد الهيدروچين المتصاعد بفعل حمض الكبريتيك وتنفصل أبخرة اليود البنفسجية والتى تزرق ورقة مبللة بمحلول النشا.



أبخرة اليود البنفسجية

$$2HI_{(g)} + H_2SO_{4(l)} \xrightarrow{conc} 2H_2O_{(l)} + SO_{2(g)} + I_{2(v)}$$

يوديد هيدروچين + حمض كبريتيك ← ماء + ثانى أكسيد الكبريت + يود

التجربة التأكيدية

عند إضافة محلول نترات الفضة إلى :

محلول ملح الكلوريد

يتكون راسب أبيض من كلوريد الفضة
يصير بنفسجيًا عند تعرضه للضوء
ويذوب فى محلول النشادر المركز



راسب كلوريد الفضة الأبيض

$$NaCl_{(aq)} + AgNO_{3(aq)} \longrightarrow NaNO_{3(aq)} + AgCl_{(s)}$$

كلوريد صوديوم + نترات فضة ← نترات صوديوم + كلوريد فضة

محلول ملح البروميد

يتكون راسب أبيض مصفر من بروميد الفضة
يصير داكنًا عند تعرضه للضوء
ويذوب ببطء فى محلول النشادر المركز



راسب بروميد الفضة الأبيض المصفر

$$NaBr_{(aq)} + AgNO_{3(aq)} \longrightarrow NaNO_{3(aq)} + AgBr_{(s)}$$

بروميد صوديوم + نترات فضة ← نترات صوديوم + بروميد فضة

محلول ملح اليوديد

يتكون راسب أصفر من يوديد الفضة
لا يذوب فى محلول النشادر



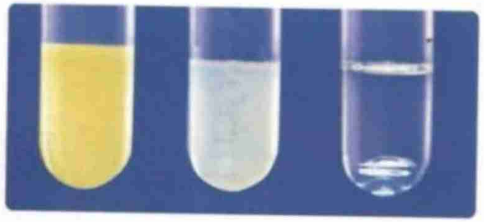
راسب يوديد الفضة الأصفر

$$NaI_{(aq)} + AgNO_{3(aq)} \longrightarrow NaNO_{3(aq)} + AgI_{(s)}$$

يوديد صوديوم + نترات فضة ← نترات صوديوم + يوديد فضة

كيف يمكنك التمييز بين هاليدات الفضة (كلوريد الفضة ، بروميد الفضة ، يوديد الفضة) باستخدام محلول النشادر المركز ؟

عند إضافة محلول النشادر المركز إلى هاليدات الفضة يذوب راسب كلوريد الفضة وكذلك راسب بروميد الفضة ولكن ببطء فى حين لا يذوب راسب يوديد الفضة.



٤ أنيون النترات NO_3^-

شاهد الفيديو

التجربة الأساسية

عند إضافة حمض **الكبريتيك المركز** مع التسخين إلى :

ملح النترات الصلب

تتصاعد أبخرة بنية حمراء من ثانى أكسيد النيتروچين نتيجة لتحلل حمض النيتريك المتكون.

$$2NaNO_{3(s)} + H_2SO_{4(l)} \xrightarrow[\Delta]{conc} Na_2SO_{4(aq)} + 2HNO_{3(l)}$$

نترات صوديوم + حمض كبريتيك ← كبريتات صوديوم + حمض نيتريك

$$4HNO_{3(l)} \xrightarrow{\Delta} 2H_2O_{(l)} + 4NO_{2(g)} + O_{2(g)}$$

حمض نيتريك ← ماء + ثانى أكسيد النيتروچين + أكسچين

- تزداد كثافة أبخرة ثانى أكسيد النيتروچين البنية الحمراء الناتجة عن تسخين خليط التفاعل عند إضافة القليل من خراطة النحاس إليه ، **لتفاعل** خراطة النحاس مع حمض النيتريك المركز المتكون، مكونًا المزيد من غاز NO_2

$$Cu_{(s)} + 4HNO_{3(l)} \xrightarrow[\Delta]{conc} Cu(NO_3)_{2(aq)} + 2H_2O_{(l)} + 2NO_{2(g)}$$

نحاس + حمض نيتريك ← نترات نحاس (II) + ماء + ثانى أكسيد النيتروچين (بنى محمر)



تزداد كثافة أبخرة NO_2 البنية الحمراء عند إضافة النحاس إلى حمض النيتريك المتكون

التجربة التأكيدية

اختبار الحلقة البنية

عند إضافة قطرات من **حمض الكبريتيك المركز** -بحرص- على السطح الداخلى لأنبوبة اختبار تحتوى على :

محلول ملح النترات و محلول كبريتات الحديد (II) حديث التحضير

تتكون حلقة بنية عند السطح الفاصل بين الحمض ومحاليل التفاعل، تزول بالرج أو التسخين.

$$2NaNO_{3(aq)} + 6FeSO_{4(aq)} + 4H_2SO_{4(l)} \xrightarrow{conc} 3Fe_2(SO_4)_{3(aq)} + Na_2SO_{4(aq)} + 4H_2O_{(l)} + 2NO_{(g)}$$

نترات صوديوم + كبريتات حديد (II) + حمض كبريتيك ← كبريتات حديد (III) + كبريتات صوديوم + ماء + أكسيد نيتريك

$$FeSO_{4(aq)} + NO_{(g)} \longrightarrow FeSO_4.NO_{(s)}$$

كبريتات حديد (II) + أكسيد نيتريك ← مركب الحلقة البنية



تجربة الحلقة البنية

• ويمكن إجمال الكشف عن مجموعة أنيونات حمض الكبريتيك المركز فى الجدول التالى :

الأنيون / الكاشف / الملح	١ الكلوريد Cl^-	٢ البروميد Br^-	٣ اليوديد I^-	٤ النترات NO_3^-
الملح	NaCl	NaBr	NaI	$NaNO_3$
H_2SO_4 مركز	يتصاعد غاز HCl عديم اللون والذى يُكوِّن سحب بيضاء مع غاز NH_3	يتصاعد غاز HBr عديم اللون والذى يتأكسد جزئيًا مكونًا أبخرة Br_2 البرتقالية الحمراء والتى تسبب اصفرار ورقة مبللة بمحلول النشا	يتصاعد غاز HI عديم اللون والذى يتأكسد جزئيًا مكونًا أبخرة I_2 البنفسجية التى تزرق ورقة مبللة بمحلول النشا	تتصاعد أبخرة NO_2 البنية الحمراء والتى تزداد كثافتها بإضافة خراطة النحاس
$AgNO_3$	يتكون راسب أبيض يصير بنفسجيًا عند تعرضه للضوء ويذوب فى محلول النشادر المركز	يتكون راسب أبيض مصفر يصير داكنًا عند تعرضه للضوء ويذوب ببطء فى محلول النشادر المركز	يتكون راسب أصفر لا يذوب فى محلول النشادر	—
$FeSO_4$ حديث التحضير + H_2SO_4 مركز	—	—	—	تتكون حلقة بنية عند السطح الفاصل بين الحمض ومحاليل التفاعل تزول بالرج أو التسخين

أداء ذاتى

كيف تميز عمليًا بين كل من :

(١) محلول كبريتيت الصوديوم و محلول كلوريد الصوديوم «باستخدام محلول نترات الفضة».

....

....

(٢) ملح كلوريد الصوديوم و ملح بيكربونات الصوديوم «باستخدام حمض الهيدروكلوريك المخفف».

....

....

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: الكشف عن بعض الشقوق الحامضية (مجموعة أنيونات حمض الكبريتيك المركز).

١ ما الأيونات الموجودة فى المحلول الناتج من إضافة وفرة من نترات الفضة إلى محلول كلوريد الصوديوم ؟

Ⓐ Na^+ , Cl^- Ⓑ Cl^- , NO_3^- , Na^+ Ⓒ Cl^- , Na^+ , Ag^+ Ⓓ Ag^+ , NO_3^- , Na^+

فكرة الحل :

$$Na^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)} + Ag^+_{(aq)} + NO^-_{3(aq)} \longrightarrow Na^+_{(aq)} + NO^-_{3(aq)} + AgCl_{(s)}$$

عند تفاعل محلول كلوريد الصوديوم تمامًا مع كل محلول نترات الفضة،
فإن الأيونات التى سوف تكون فى حيز التفاعل هى Na^+ ، NO_3^-
إلا أن إضافة وفرة من محلول نترات الفضة تجعل هناك أيونات NO_3^- ، Ag^+ فى حيز التفاعل بدون تفاعل.

الحل : الاختيار الصحيح : Ⓓ

---

٢ يستخدم محلول نترات الفضة فى التمييز بين كل زوج من أزواج المحاليل التالية، عدا ....

Ⓐ كربونات الصوديوم و يوديد الصوديوم. Ⓑ كلوريد الصوديوم و كبريتيد الصوديوم.
Ⓒ بروميد الصوديوم و كبريتيت الصوديوم. Ⓓ يوديد الصوديوم و كبريتيت الصوديوم.

فكرة الحل :

∵ لون الراسب المتكون من تفاعل محلول نترات الفضة مع محلول كربونات الصوديوم غير معلوم.
∴ يؤجل اتخاذ قرار بالنسبة للاختيار Ⓐ

محلول نترات الفضة يتفاعل مع محاليل (يوديد الصوديوم، كلوريد الصوديوم، كبريتيد الصوديوم، بروميد الصوديوم، كبريتيت الصوديوم) مكونًا الرواسب التالية :

- $NaI_{(aq)} + AgNO_{3(aq)} \longrightarrow NaNO_{3(aq)} + AgI_{(s)}$ «راسب أصفر»
- $NaCl_{(aq)} + AgNO_{3(aq)} \longrightarrow NaNO_{3(aq)} + AgCl_{(s)}$ «راسب أبيض»
- $Na_2S_{(aq)} + 2AgNO_{3(aq)} \longrightarrow 2NaNO_{3(aq)} + Ag_2S_{(s)}$ «راسب أسود»
- $NaBr_{(aq)} + AgNO_{3(aq)} \longrightarrow NaNO_{3(aq)} + AgBr_{(s)}$ «راسب أبيض مصفر»
- $Na_2SO_{3(aq)} + 2AgNO_{3(aq)} \longrightarrow Ag_2SO_{3(s)} + 2NaNO_{3(aq)}$ «راسب أبيض يسود بالتسخين»

الحل : الاختيار الصحيح : Ⓐ

للإيضاح فقط

يتفاعل محلول نترات الفضة مع محلول كربونات الصوديوم مكونًا راسب أصفر اللون من كربونات الفضة.

---

٣ ما التغير اللونى الحادث عند إضافة وفرة من محلول يوديد البوتاسيوم ببطء إلى محلول محمض من برمنجنات البوتاسيوم ؟

Ⓐ عديم اللون ← اللون البنى. Ⓑ اللون البنفسجى ← اللون البنى.
Ⓒ عديم اللون ← اللون البنفسجى. Ⓓ اللون البنفسجى ← عديم اللون.

فكرة الحل :

∵ المحلول المحمض من برمنجنات البوتاسيوم بنفسجى اللون.

∴ يستبعد الاختياران Ⓐ، Ⓙ

∵ اختزال برمنجنات البوتاسيوم - بصفتها عامل مؤكسد - سوف يؤدى إلى أكسدة أيونات اليوديد إلى محلول اليود البنى

$$2I^-_{(aq)} \longrightarrow I_{2(aq)} + 2e^-$$

∴ يتحول لون المحلول من اللون البنفسجى إلى اللون البنى.

الحل : الاختيار الصحيح : (ب)

---

٤ **عند إضافة خليط من حمض الكبريتيك المركز الساخن وثانى أكسيد المنجنيز - كعامل مؤكسد - إلى أحد الأملاح تصاعد بخار ذو لون مميز. ما الأنيون المحتمل وجوده فى هذا الملح، وما لون الأبخرة المتصاعدة ؟**

الاختيارات	الأنيون المحتمل وجوده فى الملح	لون البخار المتصاعد
(أ)	NO_3^-	بنى محمر
(ب)	Br^-	برتقالى محمر
(ج)	Cl^-	أبيض
(د)	NO_2^-	عديم اللون

فكرة الحل :

∵ لا يمكن أكسدة مجموعة NO_3^- (لأن عدد تأكسد N فيها يساوى 5+ وهو أقصى عدد تأكسد للنيتروچين).

∴ يستبعد الاختيار (أ)

∵ أكسدة أيونات البروميد Br^- تؤدى إلى تكوين بخار البروم.

$$2Br^-_{(aq)} \longrightarrow Br_{2(v)} + 2e^-$$

∴ البخار المتصاعد لونه برتقالى محمر.

الحل : الاختيار الصحيح : (ب)

---

٥ **يتفاعل الحديد مع حمض الكبريتيك المخفف مكونًا المحلول (X).**

أى مما يأتى يتحد مع المحلول (X) لتكوين مركب بنى اللون ؟

(أ) N_2O (ب) NO (ج) N_2O_3 (د) N_2O_5

فكرة الحل :

عند تفاعل الحديد مع حمض الكبريتيك المخفف يتكون محلول كبريتات الحديد (II).

$$Fe_{(s)} + H_2SO_{4(aq)} \xrightarrow{dil} FeSO_{4(aq)} + H_{2(g)}$$

ويتحد مركب كبريتات الحديد (II) مع غاز NO مكونًا مركب الحلقة البنية.

$$FeSO_{4(aq)} + NO_{(g)} \longrightarrow FeSO_4.NO_{(s)}$$

الحل : الاختيار الصحيح : (ب)

ثالثًا مجموعة أنيونات محلول كلوريد الباريوم

تشتمل هذه المجموعة على الأنيونين التاليين :

١ الفوسفات PO_4^{3-}

٢ الكبريتات SO_4^{2-}

شاهد الفيديو

أساس الكشف

لا يتفاعل أنيونى هذه المجموعة مع أيًا من حمض الهيدروكلوريك المخفف HCl أو حمض الكبريتيك المركز H_2SO_4، بينما تعطى محاليل أملاحهما راسب مع محلول كلوريد الباريوم $BaCl_2$

فسر : لا يمكن الكشف عن أملاح الكبريتات باستخدام حمض الهيدروكلوريك المخفف.

لأن حمض الهيدروكلوريك أقل ثباتًا من حمض الكبريتيك فلا يستطيع طرده من محاليل أملاحه.

التجربة الأساسية

محلول الملح + محلول كلوريد الباريوم

شاهد الفيديو

١ أنيون الفوسفات PO_4^{3-}

٢ أنيون الكبريتات SO_4^{2-}

التجربة الأساسية

عند إضافة محلول كلوريد الباريوم إلى :

محلول ملح الفوسفات

يتكون راسب أبيض من فوسفات الباريوم

يذوب فى حمض الهيدروكلوريك المخفف

$$\underset{\text{فوسفات صوديوم}}{2Na_3PO_{4(aq)}} + \underset{\text{كلوريد باريوم}}{3BaCl_{2(aq)}} \longrightarrow \underset{\text{كلوريد صوديوم}}{6NaCl_{(aq)}} + \underset{\text{فوسفات باريوم}}{Ba_3(PO_4)_{2(s)}}$$

للاطلاع فقط

تدخل أيونات الفوسفات فى تركيب دواء السوفالدى المستخدم حاليًا بنجاح فى علاج فيروس C

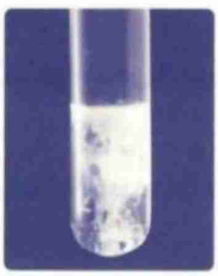


محلول ملح الكبريتات

يتكون راسب أبيض من كبريتات الباريوم

لا يذوب فى حمض الهيدروكلوريك المخفف

$$\underset{\text{كبريتات صوديوم}}{Na_2SO_{4(aq)}} + \underset{\text{كلوريد باريوم}}{BaCl_{2(aq)}} \longrightarrow \underset{\text{كلوريد صوديوم}}{2NaCl_{(aq)}} + \underset{\text{كبريتات باريوم}}{BaSO_{4(s)}}$$



راسب كبريتات الباريوم الأبيض

التجربة التأكيدية

عند إضافة محلول نترات الفضة إلى :

محلول ملح الفوسفات

يتكوَّن راسب أصفر من فوسفات الفضة يذوب فى كلٍ من محلول النشادر و حمض النيتريك



راسب فوسفات الفضة الأصفر

$$\underset{\text{فوسفات صوديوم}}{Na_3PO_{4(aq)}} + \underset{\text{نترات فضة}}{3AgNO_{3(aq)}} \longrightarrow \underset{\text{نترات صوديوم}}{3NaNO_{3(aq)}} + \underset{\text{فوسفات فضة}}{Ag_3PO_{4(s)}}$$

عند إضافة محلول أسيتات الرصاص (II) إلى :

محلول ملح الكبريتات

يتكوَّن راسب أبيض من كبريتات الرصاص (II)



راسب كبريتات الرصاص (II) الأبيض

$$\underset{\text{كبريتات صوديوم}}{Na_2SO_{4(aq)}} + \underset{\text{أسيتات رصاص (II)}}{(CH_3COO)_2Pb_{(aq)}} \longrightarrow \underset{\text{أسيتات صوديوم}}{2CH_3COONa_{(aq)}} + \underset{\text{كبريتات رصاص (II)}}{PbSO_{4(s)}}$$

- ويمكن إجمال الكشف عن مجموعة أنيونات محلول كلوريد الباريوم فى الجدول التالى :

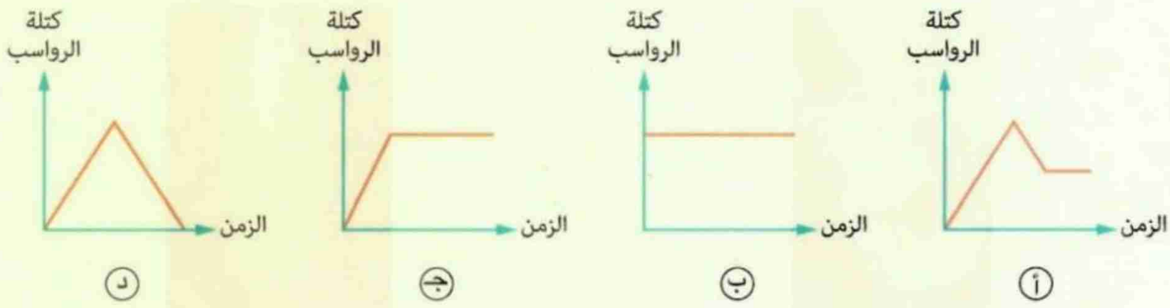
الأنيون / الكاشف	١ الفوسفات PO_4^{3-}	٢ الكبريتات SO_4^{2-}
الملح	Na_3PO_4	Na_2SO_4
$BaCl_2$	يتكون راسب أبيض يذوب فى حمض الهيدروكلوريك المخفف	يتكون راسب أبيض لا يذوب فى حمض الهيدروكلوريك المخفف
$AgNO_3$	يتكون راسب أصفر يذوب فى كل من محلول النشادر و حمض النيتريك	—
$(CH_3COO)_2Pb$	—	يتكون راسب أبيض

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: الكشف عن بعض الشقوق الحامضية (مجموعة أنيونات محلول كلوريد الباريوم).

أضيف وفرة من محلول نترات الفضة إلى خليط من محلولى فوسفات البوتاسيوم وكلوريد البوتاسيوم، ثم أضيف إلى الناتج وفرة من محلول الأمونيا المركز.

أى الأشكال البيانية الآتية يعبر عن التغير فى كتل رواسب التفاعل المتكونة بمرور الزمن ؟



فكرة الحل :

∵ أيونات الفضة الموجودة فى محلول نترات الفضة، تتحد مع :

- أيونات الفوسفات الموجودة فى محلول فوسفات البوتاسيوم مكونة راسب من فوسفات الفضة Ag_3PO_4

$$3AgNO_{3(aq)} + K_3PO_{4(aq)} \longrightarrow 3KNO_{3(aq)} + Ag_3PO_{4(s)}$$

- أيونات الكلوريد الموجودة فى محلول كلوريد البوتاسيوم مكونة راسب من كلوريد الفضة AgCl

$$AgNO_{3(aq)} + KCl_{(aq)} \longrightarrow KNO_{3(aq)} + AgCl_{(s)}$$

∴ تزداد كتلة الرواسب المتكونة بمرور الزمن.

وعليه يتم استبعاد الاختيار (ب)

∵ كل من راسب Ag_3PO_4 وراسب AgCl يذوبا فى محلول الأمونيا المركز.

∴ تقل كتلة الرواسب بمرور الزمن حتى تختفى تمامًا (تصبح صفر).

وعليه يتم استبعاد الاختيارين (أ) ، (جـ)

الحل : الاختيار الصحيح : (د)

الكشف عن الكاتيونات (الشقوق القاعدية) فى المركبات غير العضوية

- يعتبر الكشف عن الشقوق القاعدية **أكثر تعقيدًا** من الكشف عن الشقوق الحامضية للأملاح، **لكثرة** عدد الشقوق القاعدية وللتداخل فيما بينها، بالإضافة إلى إمكانية وجود الشق الواحد فى أكثر من حالة تأكسد.

الأساس العام للكشف عن الكاتيونات

- **اختلاف ذوبان** أملاح الفلزات فى الماء و**إمكانية فصلها** فى صورة **رواسب**.
- تقسم الشقوق القاعدية إلى ست مجموعات، تسمى بالمجموعات التحليلية، ولكل منها كاشف معين يسمى بكاشف المجموعة، **وسوف يكتفى من هذه المجموعات بدراسة :**

بعض المجموعات التحليلية

- **أولًا** المجموعة التحليلية **الأولى**
  1. كاتيون الفضة (I) Ag^+
  2. كاتيون الزئبق (I) Hg^+
  3. كاتيون الرصاص (II) Pb^{2+}
- **ثانيًا** المجموعة التحليلية **الثانية**
  - كاتيون النحاس (II) Cu^{2+}
- **ثالثًا** المجموعة التحليلية **الثالثة**
  1. كاتيون الحديد (II) Fe^{2+}
  2. كاتيون الحديد (III) Fe^{3+}
  3. كاتيون الألومنيوم Al^{3+}
- **رابعًا** المجموعة التحليلية **الخامسة**
  - كاتيون الكالسيوم Ca^{2+}

أولًا كاتيونات المجموعة التحليلية الأولى

من كاتيونات المجموعة التحليلية الأولى :

1. كاتيون الفضة (I) Ag^+
2. كاتيون الزئبق (I) Hg^+
3. كاتيون الرصاص (II) Pb^{2+}

كاشف المجموعة **حمض الهيدروكلوريك المخفف.**

أساس الكشف

ترسب كاتيونات المجموعة التحليلية الأولى **على هيئة كلوريدات.**

لأن كلوريدات هذه الكاتيونات شحيحة الذوبان فى الماء.

شاهد الفيديو

ثانيًا كاتيونات المجموعة التحليلية الثانية

من كاتيونات المجموعة التحليلية الثانية :

كاتيون النحاس (II) Cu^{2+}

كاشف المجموعة: غاز كبريتيد الهيدروچين فى وسط حامضى $HCl_{(aq)} + H_2S_{(g)}$

أساس الكشف: ترسب كاتيونات المجموعة التحليلية الثانية على هيئة كبريتيدات فى الوسط الحامضى.

طريقة الكشف: يتم الكشف بإذابة الملح فى الماء وإضافة حمض الهيدروكلوريك المخفف ليصبح المحلول حامضيًا، ثم يمرر فيه غاز كبريتيد الهيدروچين.

الكشف عن كاتيون النحاس (II) Cu^{2+}

عند إضافة قطرات من حمض **الهيدروكلوريك المخفف** إلى :

محلول ملح النحاس (II)

ثم إمرار غاز كبريتيد الهيدروچين فى المحلول، يتكون راسب أسود من كبريتيد النحاس (II)، يذوب فى حمض النيتريك الساخن.

$$\underset{\text{كبريتات نحاس (II)}}{CuSO_{4(aq)}} + \underset{\text{كبريتيد هيدروچين}}{H_2S_{(g)}} \longrightarrow \underset{\text{حمض كبريتيك}}{H_2SO_{4(aq)}} + \underset{\text{كبريتيد نحاس (II)}}{CuS_{(s)}}$$



راسب كبريتيد النحاس (II) الأسود

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: الكشف عن بعض الشقوق القاعدية (كاتيونات كل من المجموعة التحليلية الأولى و الثانية).

1 المحاليل التالية تكون رواسب مع أى من $Pb(NO_3)_{2(aq)}$ أو $Ba(NO_3)_{2(aq)}$ ، عدا ....

(أ) كبريتات الصوديوم.
(ب) فوسفات الصوديوم.
(ج) كلوريد الصوديوم.
(د) كربونات الصوديوم.

فكرة الحل :

∵ محلولى $Pb(NO_3)_2$ ، $Ba(NO_3)_2$ تحتويان على أنيون NO_3^- وجميع أملاح النترات تذوب فى الماء (لا تكون رواسب).

∴ يتم البحث عن الأنيون الذى لا يكون راسب مع أيًا من كاتيونى Pb^{2+} ، Ba^{2+}

∵ كل من كاتيونى Pb^{2+} ، Ba^{2+} يكونا راسب مع كل من أنيونى SO_4^{2-} ، PO_4^{3-}

∴ يستبعد الاختيارين (أ) ، (ب)

∵ كاتيونات Pb^{2+} تكون مع أنيونات Cl^- ملح $PbCl_2$ الذى لا يذوب فى الماء، بينما كاتيونات Ba^{2+} تكون مع أنيونات Cl^- ملح $BaCl_2$ الذى يذوب فى الماء.

وعليه يستبعد الاختيار (د)

الحـل : الاختيار الصحيح : (ج)

---

٢ ما الكاتيون الذى يمكن الكشف عنه بحمض الكبريتيك المركز وليس بحمض الهيدروكلوريك المخفف ؟

(أ) $Ag^+_{(aq)}$ (ب) $Na^+_{(aq)}$ (ج) $Ba^{2+}_{(aq)}$ (د) $Pb^{2+}_{(aq)}$

فكرة الحـل :

حمض الكبريتيك المركز يكون مصدرًا لأيونات $SO^{2-}_{4(aq)}$ وحمض الهيدروكلوريك المخفف يكون مصدرًا لأيونات $Cl^-_{(aq)}$

∵ أيونات $Ag^+_{(aq)}$ ، $Pb^{2+}_{(aq)}$ تتحد مع $Cl^-_{(aq)}$ مكونة راسب أبيض من $AgCl$ ، $PbCl_2$

∴ يستبعد الاختيارين (أ) ، (د)

∵ كل أملاح $Na^+_{(aq)}$ تذوب فى الماء (أى لا تكون رواسب مع أيًا من $SO^{2-}_{4(aq)}$ أو $Cl^-_{(aq)}$).

∴ يستبعد الاختيار (ب)

∵ كاتيونات $Ba^{2+}_{(aq)}$ تكون مع $SO^{2-}_{4(aq)}$ راسب أبيض من $BaSO_4$ ، بينما تكون مع $Cl^-_{(aq)}$ ملح $BaCl_2$ الذى يذوب فى الماء.

∴ يمكن الكشف عن كاتيون $Ba^{2+}_{(aq)}$ بحمض الكبريتيك المركز ولا يمكن الكشف عنه بحمض الهيدروكلوريك المخفف.

الحـل : الاختيار الصحيح : (ج)

---

٣ جميع محاليل الأملاح الآتية تُكوّن راسب أسود عند إمرار غاز H_2S فيها، عدا ....

(أ) $AgNO_3$ (ب) $(CH_3COO)_2Pb$ (ج) $Cu(NO_3)_2$ (د) $NaCl$

فكرة الحـل :

* **عند إمرار غاز H_2S فى :**

• محلول $AgNO_3$ يتكون راسب أسود من Ag_2S

$$2AgNO_{3(aq)} + H_2S_{(g)} \longrightarrow 2HNO_{3(aq)} + Ag_2S_{(s)}$$

وعليه يستبعد الاختيار (أ)

• محلول $(CH_3COO)_2Pb$ يتكون راسب أسود من PbS

$$(CH_3COO)_2Pb_{(aq)} + H_2S_{(g)} \longrightarrow 2CH_3COOH_{(aq)} + PbS_{(s)}$$

وعليه يستبعد الاختيار (ب)

• محلول $Cu(NO_3)_2$ يتكون راسب أسود من CuS

$$Cu(NO_3)_{2(aq)} + H_2S_{(g)} \longrightarrow 2HNO_{3(aq)} + CuS_{(s)}$$

وعليه يستبعد الاختيار ⓙ

* ومن المعلوم أن كل أملاح الصوديوم تذوب فى الماء (أى لا تكون رواسب).

الحـل : الاختيار الصحيح : ⓓ

---

٤ ما المادة التى يؤدى إضافتها لمحلول مائى يحتوى على خليط من أيونى Cu^{2+} ، Ag^+ لفصل أحد الأيونين فى صورة راسب ؟

ⓐ $NH_4NO_{3(aq)}$ ⓑ $HNO_{3(aq)}$ ⓙ $HCl_{(aq)}$ ⓓ $H_2S_{(aq)}$

فكرة الحـل :

∵ جميع أملاح النترات تذوب فى الماء.

∴ يستبعد الاختيارين ⓐ ، ⓑ

∵ أنيونات $Cl^-_{(aq)}$ تتحد مع كاتيونات $Cu^{2+}_{(aq)}$ مكونة ملح $CuCl_2$ الذى يذوب فى الماء،
بينما تتحد مع كاتيونات $Ag^+_{(aq)}$ مكونة راسب أبيض اللون من AgCl

∴ يمكن استخدام $HCl_{(aq)}$ فى فصل خليط أيونى Cu^{2+} ، Ag^+

الحـل : الاختيار الصحيح : ⓙ

ثالثًا كاتيونات المجموعة التحليلية الثالثة

بعض كاتيونات المجموعة التحليلية الثالثة :

١ كاتيون الحديد (II) Fe^{2+}

٢ كاتيون الحديد (III) Fe^{3+}

٣ كاتيون الألومنيوم Al^{3+}

كاشف المجموعة **محلول هيدروكسيد الأمونيوم NH_4OH**

أساس الكشف ترسب كاتيونات المجموعة التحليلية الثالثة على هيئة هيدروكسيدات (عندما لا تكون مختلطة بكاتيونات أخرى).

شاهد الفيديو

طريقة الكشف يتم الكشف بإذابة الملح فى الماء، ثم إضافة قطرات من هيدروكسيد الأمونيوم (محلول النشادر) إليه.

التجربة الأساسية

عند إضافة محلول هيدروكسيد الأمونيوم إلى :

١ كاتيون الحديد (II) Fe^{2+}

شاهد الفيديو

محلول ملح الحديد (II)

يتكون راسب أبيض
من هيدروكسيد الحديد (II)
يتحول إلى أبيض مخضر عند تعرضه للهواء
ويذوب فى الأحماض



راسب هيدروكسيد الحديد (II) الأبيض المخضر

$$FeSO_{4(aq)} + 2NH_4OH_{(aq)} \longrightarrow (NH_4)_2SO_{4(aq)} + Fe(OH)_{2(s)}$$

كبريتات حديد (II) + هيدروكسيد أمونيوم ⟵ كبريتات أمونيوم + هيدروكسيد حديد (II)

٢ كاتيون الحديد (III) Fe^{3+}

محلول ملح الحديد (III)

يتكون راسب بنى محمر چيلاتينى
من هيدروكسيد الحديد (III)
يذوب فى الأحماض



راسب هيدروكسيد الحديد (III) البنى المحمر الچيلاتينى

$$FeCl_{3(aq)} + 3NH_4OH_{(aq)} \longrightarrow 3NH_4Cl_{(aq)} + Fe(OH)_{3(s)}$$

كلوريد حديد (III) + هيدروكسيد أمونيوم ⟵ كلوريد أمونيوم + هيدروكسيد حديد (III)

٣ كاتيون الألومنيوم Al^{3+}

شاهد الفيديو

شاهد الفيديو

محلول ملح الألومنيوم

يتكون راسب أبيض چيلاتينى
من هيدروكسيد الألومنيوم
يذوب فى كل من الأحماض المخففة
و محلول الصودا الكاوية
«لا يذوب الراسب فى وفرة من محلول النشادر»



راسب هيدروكسيد الألومنيوم الأبيض الچيلاتينى

$$Al_2(SO_4)_{3(aq)} + 6NH_4OH_{(aq)} \longrightarrow 3(NH_4)_2SO_{4(aq)} + 2Al(OH)_{3(s)}$$

كبريتات ألومنيوم + هيدروكسيد أمونيوم ⟵ كبريتات أمونيوم + هيدروكسيد ألومنيوم

التجربة التأكيدية

عند إضافة محلول هيدروكسيد الصوديوم إلى :

محلول ملح الحديد (II)

يتكون راسب أبيض مخضر من هيدروكسيد الحديد (II)

$$FeSO_{4(aq)} + 2NaOH_{(aq)} \longrightarrow Na_2SO_{4(aq)} + Fe(OH)_{2(s)}$$

كبريتات حديد (II) + هيدروكسيد صوديوم ⟵ كبريتات صوديوم + هيدروكسيد حديد (II)

محلول ملح الحديد (III)

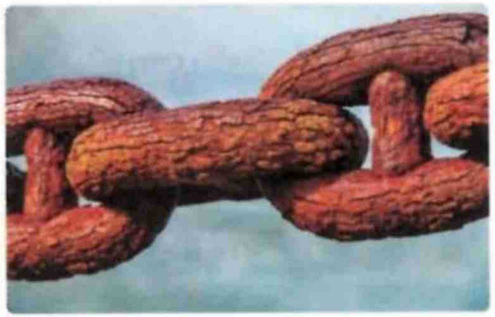
يتكون راسب بنى محمر چيلاتينى من هيدروكسيد الحديد (III)

$$FeCl_{3(aq)} + 3NaOH_{(aq)} \longrightarrow 3NaCl_{(aq)} + Fe(OH)_{3(s)}$$

كلوريد حديد (III) + هيدروكسيد صوديوم ⟵ كلوريد صوديوم + هيدروكسيد حديد (III)

معلومة سوف تدرس فى الباب الرابع

يفسر لون صدأ الحديد البنى المحمر إلى حدوث عملية أكسدة لسطح الحديد وتحوله إلى حديد (II) ثم إلى طبقة من هيدروكسيد الحديد (III) ذو اللون البنى المحمر



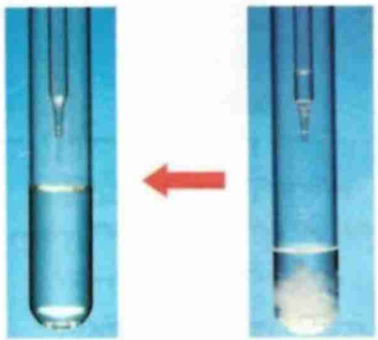
صدأ الحديد لونه بنى محمر

محلول ملح الألومنيوم

يتكون راسب أبيض چيلاتينى من هيدروكسيد الألومنيوم

$$Al_2(SO_4)_{3(aq)} + 6NaOH_{(aq)} \longrightarrow 3Na_2SO_{4(aq)} + 2Al(OH)_{3(s)}$$

كبريتات ألومنيوم + هيدروكسيد صوديوم ⟵ كبريتات صوديوم + هيدروكسيد ألومنيوم



يذوب الراسب الأبيض الچيلاتينى من هيدروكسيد الألومنيوم عند إضافة هيدروكسيد الصوديوم إليه

يذوب راسب هيدروكسيد الألومنيوم فى وفرة من محلول هيدروكسيد الصوديوم مكونًا ميتا-ألومينات الصوديوم

$$Al(OH)_{3(s)} + NaOH_{(aq)} \longrightarrow NaAlO_{2(aq)} + 2H_2O_{(l)}$$

هيدروكسيد ألومنيوم + هيدروكسيد صوديوم ⟵ ميتا-ألومينات صوديوم + ماء

رابعًا كاتيونات المجموعة التحليلية الخامسة

من كاتيونات المجموعة التحليلية الخامسة : كاتيون الكالسيوم Ca^{2+}

كاشف المجموعة محلول كربونات الأمونيوم $(NH_4)_2CO_3$

أساس الكشف ترسب كاتيونات المجموعة التحليلية الخامسة على هيئة كربونات.

طريقة الكشف يتم الكشف بإذابة الملح فى الماء، ثم إضافة محلول كربونات الأمونيوم إليه.

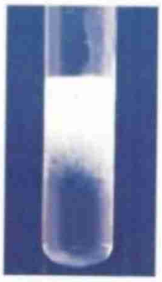
الكشف عن كاتيون الكالسيوم (Ca^{2+})

التجربة الأساسية

شاهد الفيديو

عند إضافة محلول كربونات الأمونيوم إلى :

محلول ملح الكالسيوم



راسب كربونات الكالسيوم الأبيض

* يتكون راسب أبيض من كربونات الكالسيوم.

$$\underset{\text{كلوريد كالسيوم}}{CaCl_{2(aq)}} + \underset{\text{كربونات أمونيوم}}{(NH_4)_2CO_{3(aq)}} \longrightarrow \underset{\text{كلوريد أمونيوم}}{2NH_4Cl_{(aq)}} + \underset{\text{كربونات كالسيوم}}{CaCO_{3(s)}}$$

* يذوب راسب كربونات الكالسيوم فى حمض الهيدروكلوريك المخفف ويذوب أيضًا فى الماء المحتوى على غاز ثانى أكسيد الكربون.

$$\underset{\text{كربونات كالسيوم}}{CaCO_{3(s)}} + \underset{\text{ماء}}{H_2O_{(l)}} + \underset{\text{ثانى أكسيد الكربون}}{CO_{2(g)}} \longrightarrow \underset{\text{بيكربونات كالسيوم}}{Ca(HCO_3)_{2(aq)}}$$

التجربة التأكيدية

عند إضافة حمض الكبريتيك المخفف إلى

محلول ملح الكالسيوم

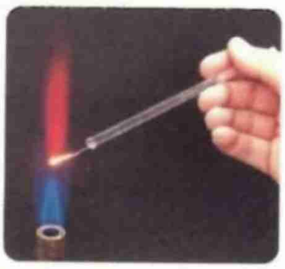
* يتكون راسب أبيض من كبريتات الكالسيوم.

$$\underset{\text{كلوريد كالسيوم}}{CaCl_{2(aq)}} + \underset{\text{حمض كبريتيك}}{H_2SO_{4(aq)}} \longrightarrow \underset{\text{حمض هيدروكلوريك}}{2HCl_{(aq)}} + \underset{\text{كبريتات كالسيوم}}{CaSO_{4(s)}}$$

الكشف الجاف

ملح كالسيوم صلب

* كاتيونات الكالسيوم المتطايرة تُكسب لهب بنزن لون أحمر طوبى.



كاتيونات الكالسيوم تلون المنطقة غير المضيئة من لهب بنزن باللون الأحمر الطوبى

• ويمكن إجمال الكشف عن الكاتيونات فى الجدول التالى :

المجموعة	الثانية	الثالثة			الخامسة
الكاشف / الكاتيون	النحاس (II) Cu^{2+}	الحديد (II) Fe^{2+}	الحديد (III) Fe^{3+}	الألومنيوم Al^{3+}	الكالسيوم Ca^{2+}
الملح	$CuSO_4$	$FeSO_4$	$FeCl_3$	$Al_2(SO_4)_3$	$CaCl_2$
$HCl + H_2S$	يتكون راسب أسود يذوب فى حمض النيتريك الساخن	—	—	—	—
NH_4OH	—	يتكون راسب أبيض يتحول إلى الأبيض المخضر عند تعرضه للهواء ويذوب فى الأحماض	يتكون راسب بنى محمر چيلاتينى يذوب فى الأحماض	يتكون راسب أبيض چيلاتينى يذوب فى الأحماض المخففة ومحلول الصودا الكاوية	—
$NaOH$	—	يتكون راسب أبيض مخضر	يتكون راسب بنى محمر چيلاتينى	يتكون راسب أبيض چيلاتينى يذوب فى وفرة من محلول هيدروكسيد الصوديوم	—
$(NH_4)_2CO_3$	—	—	—	—	يتكون راسب أبيض يذوب فى : • حمض HCl المخفف • الماء المحتوى على CO_2
H_2SO_4	—	—	—	—	يتكون راسب أبيض
الكشف الجاف	—	—	—	—	يُكسب لهب بنزن لون أحمر طوبى

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: الكشف عن بعض الشقوق القاعدية (كاتيونات كل من المجموعة التحليلية الثالثة و الخامسة).

١ أى مما يأتى يعبر عن الكاتيونات التى تُكوِّن راسب أبيض عند إضافة قطرات من محلول NaOH إليها ؟

ⓐ Al^{3+} ، Pb^{2+} ، Zn^{2+}

ⓑ Cu^{2+} ، Fe^{2+} ، Zn^{2+}

ⓒ Cu^{2+} ، Fe^{3+} ، Pb^{2+}

ⓓ Cr^{3+} ، Fe^{3+} ، Al^{3+}

فكرة الحل :

∵ عند إضافة محلول NaOH إلى :

- أيونات Fe^{2+}، يتكون راسب لونه أبيض مخضر من $Fe(OH)_2$
  ∴ يستبعد الاختيار ⓑ

- أيونات Fe^{3+}، يتكون راسب لونه بنى محمر چيلاتينى من $Fe(OH)_3$
  ∴ يستبعد الاختيارين ⓒ ، ⓓ

الحل : الاختيار الصحيح : ⓐ

---

٢ أى المحاليل الآتية يمكن استخدام حجم صغير منه فى التمييز بين حجمين كبيرين من كل من محلولى هيدروكسيد الصوديوم و هيدروكسيد الأمونيوم ؟

ⓐ كلوريد الحديد (III).

ⓑ نترات الكالسيوم.

ⓒ كبريتات الألومنيوم.

ⓓ كلوريد البوتاسيوم.

فكرة الحل :

∵ محلول كلوريد الحديد (III) يُكوِّن راسب بنى محمر چيلاتينى مع أيًا من محلولى هيدروكسيد الصوديوم أو هيدروكسيد الأمونيوم ولا يذوب الراسب فى الزيادة منهما.

- $FeCl_{3(aq)} + 3NH_4OH_{(aq)} \longrightarrow 3NH_4Cl_{(aq)} + Fe(OH)_{3(s)}$
- $FeCl_{3(aq)} + 3NaOH_{(aq)} \longrightarrow 3NaCl_{(aq)} + Fe(OH)_{3(s)}$

∴ يستبعد الاختيار ⓐ

∵ محلول نترات الكالسيوم لا يُكوِّن راسب مع أيًا من محلولى هيدروكسيد الصوديوم أو هيدروكسيد الأمونيوم.

- $Ca(NO_3)_{2(aq)} + 2NH_4OH_{(aq)} \longrightarrow 2NH_4NO_{3(aq)} + Ca(OH)_{2(aq)}$
- $Ca(NO_3)_{2(aq)} + 2NaOH_{(aq)} \longrightarrow 2NaNO_{3(aq)} + Ca(OH)_{2(aq)}$

∴ يستبعد الاختيار ⓑ

∵ محلول كبريتات الألومنيوم يكون راسب أبيض مع أيًا من محلولى هيدروكسيد الصوديوم أو هيدروكسيد الأمونيوم ولكن الراسب يذوب فى الزيادة من محلول NaOH فقط.

- $Al_2(SO_4)_{3(aq)} + 6NH_4OH_{(aq)} \longrightarrow 3(NH_4)_2SO_{4(aq)} + 2Al(OH)_{3(s)}$
- $Al_2(SO_4)_{3(aq)} + 6NaOH_{(aq)} \longrightarrow 3Na_2SO_{4(aq)} + 2Al(OH)_{3(s)}$
- $Al(OH)_{3(s)} + NaOH_{(aq)} \longrightarrow \underset{\text{ميتا - ألومينات صوديوم}}{NaAlO_{2(aq)}} + 2H_2O_{(l)}$

∴ يمكن استخدام محلول كبريتات الألومنيوم للتمييز بين محلولى هيدروكسيد الصوديوم و هيدروكسيد الأمونيوم.

الحـل : الاختيار الصحيح : ⓙ

---

٣ كل مما يأتى يُعد صحيحًا عند إضافة محلول NaOH إلى محاليل عدة كاتيونات مختلفة، عدا إنه يُكوّن مع ....

ⓐ كاتيون NH_4^+ محلول يتصاعد منه غاز رائحته نفاذة بالتسخين.

ⓑ كاتيون Fe^{2+} راسب أبيض مخضر يذوب فى الزيادة من NaOH

ⓙ كاتيون Al^{3+} راسب أبيض اللون يذوب فى الزيادة من NaOH

ⓓ كاتيون Cr^{3+} راسب أخضر اللون يذوب فى الزيادة من NaOH

فكرة الحـل :

∵ أنيــون OH^- يتحد مع كاتيون NH_4^+ مكونًا NH_4OH الذى ينحل بالتسـخين مكونًا غاز النشــادر ذو الرائحة النفاذة.

∴ يستبعد الاختيار ⓐ

∵ أنيون OH^- يتحد مع كاتيون Fe^{2+} مكونًا راسب أبيض مخضر يذوب فى الأحماض فقط.

$$FeSO_{4(aq)} + 2NaOH_{(aq)} \longrightarrow Na_2SO_{4(aq)} + Fe(OH)_{2(s)}$$

∴ $Fe(OH)_2$ لا يذوب فى محلول NaOH

الحـل : الاختيار الصحيح : ⓑ

---

٤ أضيف وفرة من محلول هيدروكسيد الصوديوم إلى كمية محدودة من محلول كبريتات الألومنيوم فى أنبوبة اختبار. ما الأيونات الموجودة فى أنبوبة الاختبار بعد انتهاء التفاعل ؟

ⓐ Na^+ ، SO_4^{2-} ، Al^{3+} ، OH^-

ⓑ Na^+ ، SO_4^{2-} ، AlO_2^-

ⓙ Na^+ ، SO_4^{2-} ، AlO_2^- ، OH^-

ⓓ Na^+ ، OH^- ، Al^{3+}

فكرة الحـل :

عند إضافة محلول هيدروكسيد الصوديوم إلى محلول كبريتات الألومنيوم، يتكون راسب أبيض چيلاتينى من هيدروكسيد الألومنيوم، يذوب فى وفرة من هيدروكسيد الصوديوم، مكونًا ميتا-ألومينات الصوديوم.

- $Al_2(SO_4)_{3(aq)} + 6NaOH_{(aq)} \longrightarrow 3Na_2SO_{4(aq)} + 2Al(OH)_{3(s)}$ .... ①
- $Al(OH)_{3(s)} + NaOH_{(aq)} \longrightarrow NaAlO_{2(aq)} + 2H_2O_{(l)}$ .... ②

ميتا - ألومينات صوديوم

بضرب معاملات المعادلة ② × 2 ثم الجمع مع المعادلة ① تنتج المعادلة :

$$Al_2(SO_4)_{3(aq)} + 8NaOH_{(aq)} \longrightarrow 3Na_2SO_{4(aq)} + 2NaAlO_{2(aq)} + 4H_2O_{(l)}$$

∵ إضافة وفرة من هيدروكسيد الصوديوم تؤدى إلى وجود أيونات Na^+ ، OH^- فى خليط التفاعل بعد انتهائه.

∴ يستبعد الاختيار ⓑ

∵ التفاعل ينتج عنه تكون محلول Na_2SO_4 ومحلول $NaAlO_2$

∴ توجد أيونات Na^+ ، AlO_2^- ، SO_4^{2-} فى خليط التفاعل بعد انتهائه بالإضافة لأيونات OH^-

الحـل : الاختيار الصحيح : ⓙ

---

٥ أى مما يلى يُعبر عن نتائج الكشف عن مركبى $CaCl_2$ ، $BaCl_2$ ؟

الاختيارات	مركب $CaCl_2$		مركب $BaCl_2$	
	عند إضافة حمض H_2SO_4 المخفف	عند إجراء كشف اللهب	عند إضافة حمض H_2SO_4 المخفف	عند إجراء كشف اللهب
ⓐ	يتكون راسب	يتكون لون أحمر طوبى	يتكون راسب	يتكون لون أخضر تفاحى
ⓑ	لا يتكون راسب	يتكون لون أخضر تفاحى	لا يتكون راسب	يتكون لون أحمر طوبى
ⓙ	يتكون راسب	يتكون لون أخضر تفاحى	يتكون راسب	يتكون لون أحمر طوبى
ⓓ	لا يتكون راسب	يتكون لون أحمر طوبى	لا يتكون راسب	يتكون لون أخضر تفاحى

فكرة الحـل :

∵ مركبى $CaCl_2$ ، $BaCl_2$ يتفاعلا مع حمض الكبريتيك المخفف ويتكون راسب أبيض فى الحالتين.

- $CaCl_{2(aq)} + H_2SO_{4(aq)} \longrightarrow 2HCl_{(aq)} + CaSO_{4(s)}$
- $BaCl_{2(aq)} + H_2SO_{4(aq)} \longrightarrow 2HCl_{(aq)} + BaSO_{4(s)}$

∴ يستبعد الاختيارين ⓑ ، ⓓ

∵ المنطقة غير المضيئة من لهب بنزن تتلون بلون أحمر طوبى عند تقريب أحد أملاح الكالسيوم إليها.

∴ يستبعد الاختيار ⓙ

الحـل : الاختيار الصحيح : ⓐ

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: الكشف عن بعض الشقوق الحامضية وبعض الشقوق القاعدية.

١ يمكن استخدام حمض الهيدروكلوريك المخفف للكشف عن أيونات ....

Ⓐ Pb^{2+} ، PO_4^{3-} Ⓑ S^{2-} ، Cu^{2+}

Ⓒ Ag^{+} ، Br^{-} Ⓓ Hg^{+} ، $S_2O_3^{2-}$

فكرة الحـل :

∵ حمض الهيدروكلوريك أقل ثباتًا من حمض الفوسفوريك المشتق منه أنيون PO_4^{3-}
ومن حمض HBr المشتق منه أنيون Br^{-}

∴ لا يستخدم حمض الهيدروكلوريك المخفف فى الكشف عن أنيونى Br^{-} ، PO_4^{3-}
وعليه يستبعد الاختيارين Ⓐ ، Ⓒ

∵ كاتيون Cu^{2+} يتحد مع أنيون Cl^{-} مكونًا ملح $CuCl_2$ الذى يذوب فى الماء (أى لا يكون راسب).

∴ يستبعد الاختيار Ⓑ

∵ أنيون $S_2O_3^{2-}$ يُكوِّن مع حمض HCl المخفف راسب أصفر نتيجة لتعلق الكبريت فى المحلول.

$$Na_2S_2O_{3(s)} + 2HCl_{(aq)} \xrightarrow{dil} 2NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)} + SO_{2(g)} + S_{(s)}$$

وكاتيون Hg^{+} يتم ترسيبه فى صورة كلوريد عند تفاعله مع حمض HCl المخفف.

∴ يمكن استخدام حمض الهيدروكلوريك المخفف فى الكشف عن أيونى $S_2O_3^{2-}$ ، Hg^{+}

الحـل : الاختيار الصحيح : Ⓓ

---

٢ محلـول الملح (X) يُكوِّن راســب أبيض عند إضافــة محلول نترات الباريوم إليه ويُكوِّن راســب أبيض مخضر عند إضافة محلول هيدروكسيد الصوديوم إليه.

ما الملح (X) ؟

Ⓐ كبريتات حديد (II).   Ⓑ فوسفات حديد (III).

Ⓒ كبريتات حديد (III).   Ⓓ فوسفات ألومنيوم.

فكرة الحـل :

∵ كل مــن أملاح الكبريتات والفوســفات تتفاعل على حدى مع محلول نترات الباريوم مكونة راســب أبيض من كبريتات الباريوم وفوسفات الباريوم على الترتيب.

∴ لا يمكن الاعتماد على كشف الأنيونات فى تحديد اسم الملح (X).

∵ محلول NaOH يرسب كاتيونات كل من :

- $Fe^{2+}_{(aq)}$ فى صورة راسب لونه أبيض مخضر.
- $Fe^{3+}_{(aq)}$ فى صورة راسب لونه بنى محمر چيلاتينى.
- $Al^{3+}_{(aq)}$ فى صورة راسب أبيض اللون.

∴ تستبعد الاختيارات ب ، ج ، د

- $FeSO_{4(aq)} + Ba(NO_3)_{2(aq)} \longrightarrow Fe(NO_3)_{2(aq)} + \underset{\text{راسب أبيض}}{BaSO_{4(s)}}$
- $FeSO_{4(aq)} + 2NaOH_{(aq)} \longrightarrow Na_2SO_{4(aq)} + \underset{\text{راسب أبيض مخضر}}{Fe(OH)_{2(s)}}$

الحـل : الاختيار الصحيح : أ

---

٣ أجريت التجربتين التاليتين على المحلول (X) :

- أضيف إلى عينة منه قطرات من محلول NaOH فتكون راسب أبيض، وعند إضافة المزيد من NaOH اختفى الراسب.
- أضيف إلى عينة أخرى منه حمض كبريتيك مركز ساخن فتصاعد غاز يُكوّن سحب بيضاء مع غاز NH_3

ما الملح (X)؟

أ كلوريد ألومنيوم. ب نترات حديد (III). ج نترات ألومنيوم. د كلوريد حديد (III).

فكرة الحـل :

∵ إضافة قطرات من NaOH إلى محلول يحتوى على أيونات Al^{3+} تُكوّن راسب أبيض من $Al(OH)_3$ الذى يذوب فى وفرة من NaOH

- $Al_2(SO_4)_{3(aq)} + 6NaOH_{(aq)} \longrightarrow 3Na_2SO_{4(aq)} + 2Al(OH)_{3(s)}$
- $Al(OH)_{3(s)} + NaOH_{(aq)} \longrightarrow \underset{\text{ميتا - ألومينات صوديوم}}{NaAlO_{2(aq)}} + 2H_2O_{(l)}$

∴ كاتيون الملح (X) : Al^{3+}

وعليه يتم استبعاد الاختيارين ب ، د

∵ إضافة حمض كبريتيك مركز ساخن إلى محلول يحتوى على أيونات Cl^- تُكوّن غاز HCl الذى يُكوّن مع غاز NH_3 سحب بيضاء من كلوريد الأمونيوم.

- $2NaCl_{(s)} + H_2SO_{4(l)} \xrightarrow[\Delta]{conc} Na_2SO_{4(aq)} + 2HCl_{(g)}$
- $HCl_{(g)} + NH_{3(g)} \longrightarrow NH_4Cl_{(s)}$

∴ أنيون الملح (X) : Cl^-

الحـل : الاختيار الصحيح : أ

④ المخطط الآتى يوضح سلسلة من التفاعلات لملح مجهول (X) :



ما الكاتيون والأنيون المكونين للملح (X) ؟

الاختيارات	الكاتيون	الأنيون
Ⓐ أ	Fe^{3+}	S^{2-}
ب	Al^{3+}	SO_3^{2-}
جـ	Cu^{2+}	NO_2^-
د	Fe^{3+}	CO_3^{2-}

فكرة الحـل :

∵ محلول $FeCl_3$ لونه أصفر باهت ويتفاعل مع محلول NaOH مكونًا راسب بنى محمر من $Fe(OH)_3$

$$FeCl_{3(aq)} + 3NaOH_{(aq)} \longrightarrow 3NaCl_{(aq)} + Fe(OH)_{3(s)}$$

∴ كاتيون الملح (X) هو : Fe^{3+}

وعليه يتم استبعاد الاختيارين ب ، جـ

∵ أملاح الكربونات تتفاعل مع الأحماض مكونة غاز CO_2 الذى يعكر ماء الجير الرائق $Ca(OH)_2$ لتكون ملح $CaCO_3$ (راسب أبيض لا يذوب فى الماء).

$$CO_{2(g)} + Ca(OH)_{2(aq)} \xrightarrow{S.T} CaCO_{3(s)} + H_2O_{(l)}$$

∴ أنيون الملح (X) هو : CO_3^{2-}

وعليه يستبعد الاختيار أ

الحـل : الاختيار الصحيح : د

تراكم معرفى

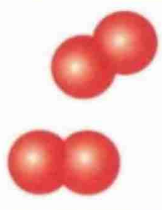
مراجعة المفاهيم و القوانين السابق دراستها، ولها علاقة بهذا الدرس

١ المول هو كمية المادة التى تحتوى على عدد أڤوجادرو من الجسيمات (جزيئات أو ذرات أو أيونات أو إلكترونات).

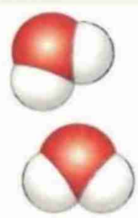
٢ الكتلة المولية هى مجموع الكتل الذرية للعناصر الداخلة فى تركيب جزىء المركب التساهمى أو وحدة صيغة المركب الأيونى، مقدرة بوحدة (g/mol).

تطبيق









$$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(v)}$$

$CH_{4(g)}$	$2O_{2(g)}$	$CO_{2(g)}$	$2H_2O_{(v)}$
1 mol من جزيئات الميثان	2 mol من جزيئات الأكسچين	1 mol من جزيئات ثانى أكسيد الكربون	2 mol من جزيئات بخار الماء
يحتوى على	تحتوى على	يحتوى على	تحتوى على
1 mol من ذرات الكربون + 4 mol من ذرات الهيدروچين	4 mol من ذرات الأكسچين	1 mol من ذرات الكربون + 2 mol من ذرات الأكسچين	4 mol من ذرات الهيدروچين + 2 mol من ذرات الأكسچين
الكتلة المولية من CH_4 $= 12 + (1 \times 4)$ $= 16$ g/mol	الكتلة المولية من O_2 $= (16 \times 2)$ $= 32$ g/mol	الكتلة المولية من CO_2 $= 12 + (16 \times 2)$ $= 44$ g/mol	الكتلة المولية من H_2O $= (1 \times 2) + 16$ $= 18$ g/mol

٣ عدد المولات (mol) = $\frac{\text{كتلة المادة (g)}}{\text{الكتلة المولية من المادة (g/mol)}}$

مثال

احسب عدد مولات كلوريد الصوديوم الموجودة فى عينة منه كتلتها 234 g [Na = 23, Cl = 35.5]

الحل

الكتلة المولية من مركب كلوريد الصوديوم NaCl = 23 + 35.5 = 58.5 g/mol

عدد مولات NaCl = $\frac{\text{كتلة المادة}}{\text{الكتلة المولية من المادة}} = \frac{234}{58.5} = 4\ mol$

٤ عدد (الجزيئات - الذرات - الأيونات - الإلكترونات) = عدد مولات (الجزيئات - الذرات - الأيونات - الإلكترونات) × عدد أڤوجادرو (6.02×10^{23})

مثال ١

احسب عدد ذرات الأكسچين الموجودة فى 1.8 g من الماء. [H = 1 , O = 16]

الحل

الكتلة المولية من الماء H_2O = (2 × 1) + 16 = 18 g/mol

عدد مولات H_2O = $\frac{\text{كتلة المادة}}{\text{الكتلة المولية من المادة}} = \frac{1.8}{18} = 0.1\ mol$

$$H_2O \xrightarrow{\text{يحتوى على}} 2H + O$$

H_2O	O
1 mol	1 mol
0.1 mol	? mol

عدد مولات ذرات الأكسچين = $\frac{0.1 \times 1}{1} = 0.1\ mol$

عدد ذرات الأكسچين = عدد مولات ذرات الأكسچين × عدد أڤوجادرو

= $0.1 \times 6.02 \times 10^{23} = 0.602 \times 10^{23}$ atom

مثال ٢

يتفاعل 55.85 g من الحديد تمامًا مع وفرة من الكبريت فى ظروف مناسبة للتفاعل. [Fe = 55.85 , S = 16]
ما عدد الإلكترونات المتضمنة فى تفاعل الأكسدة والاختزال الحادث بالنسبة لعدد أڤوجادرو ؟

الحل

$$Fe_{(s)} + S_{(s)} \longrightarrow FeS_{(s)}$$
1 mol   1 mol   1 mol

∵ 1 mol (55.85 g) من Fe يتم أكسدته إلى 1 mol من أيونات Fe^{2+} فى مركب FeS

$$Fe \longrightarrow Fe^{2+} + 2e^-$$
1 mol   2 mol

∴ عدد الإلكترونات المتضمنة فى تفاعل الأكسدة والاختزال = عدد مولات الإلكترونات × عدد أڤوجادرو

$= 2 \times 6.02 \times 10^{23} =$ ضعف عدد أڤوجادرو

٥

حجم الغاز = عدد مولات الغاز × 22.4 (at STP)
(L)   (mol)   (L/mol)

مثال ١

احسب حجم 0.4 mol من غاز الأكسچين (at STP).

الحل

حجم غاز O_2 = عدد مولات الغاز × 22.4 = 0.4 × 22.4 = 8.96 L

مثال ٢

احسب حجم غاز ثانى أكسيد الكربون المتصاعد (at STP) عند ذوبان 50 g من كربونات الكالسيوم فى وفرة من حمض الهيدروكلوريك. [Ca = 40 , C = 12 , O = 16]

الحل

الكتلة المولية من كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ = 40 + 12 + (3 × 16) = 100 g/mol

عدد مولات $CaCO_3$ = $\frac{\text{كتلة المادة}}{\text{الكتلة المولية من المادة}} = \frac{50}{100} =$ 0.5 mol

$$CaCO_{3(s)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow CaCl_{2(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$$
1 mol   1 mol
0.5 mol   ? mol

عدد مولات CO_2 = $\frac{0.5}{1} =$ 0.5 mol

حجم غاز CO_2 = عدد مولات الغاز × 22.4 = 0.5 × 22.4 = 11.2 L

٦ كثافة الغاز (g/L) = $\frac{\text{الكتلة المولية (g/mol)}}{22.4\ (L/mol)}$ (at STP)

مثال

احسب كثافة غاز الأكسچين فى الظروف القياسية (at STP). [O = 16]

الحل

الكتلة المولية من غاز الأكسچين $O_2 = 2 \times 16 = 32$ g/mol

كثافة غاز الأكسچين = $\frac{\text{الكتلة المولية}}{22.4}$

$= \frac{32}{22.4} = 1.4286$ g/L

٧ التركيز المولارى (M) = $\frac{\text{عدد مولات المذاب (mol)}}{\text{حجم المحلول (L)}}$

مثال

احسب التركيز المولارى لمحلول هيدروكسيد صوديوم حجمه 250 mL يحتوى على 10 g من NaOH

[Na = 23 , O = 16 , H = 1]

الحل

الكتلة المولية من هيدروكسيد الصوديوم NaOH = 23 + 16 + 1 = 40 g/mol

عدد المولات = $\frac{\text{كتلة المادة}}{\text{الكتلة المولية من المادة}} = \frac{10}{40} = 0.25$ mol

حجم المحلول (L) = $\frac{250}{1000} = 0.25$ L

التركيز المولارى (M) = $\frac{\text{عدد مولات المذاب (mol)}}{\text{حجم المحلول (L)}}$

$= \frac{0.25}{0.25} = 1$ mol/L = 1 M

⑧ النسبة المئوية الكتلية لعنصر فى مركب (%) = $\frac{\text{كتلة العنصر فى مول من المركب (g/mol)}}{\text{الكتلة المولية من المركب (g/mol)}} \times 100\%$

مثال

احسب النسبة المئوية الكتلية للحديد فى خام الهيماتيت «بفرض نقائه». [Fe = 55.8 , O = 16]

الحل

$$Fe_2O_3 \xrightarrow{\text{يحتوى على}} 2Fe$$

Fe_2O_3	$2Fe$
1 mol	2 mol
$(55.8 \times 2) + (16 \times 3) =$	$2 \times 55.8 =$
159.6 g/mol	111.6 g/mol

النسبة المئوية الكتلية للحديد فى الهيماتيت = $\frac{\text{كتلة الحديد فى مول من الهيماتيت}}{\text{الكتلة المولية من الهيماتيت}} \times 100\%$

$$= \frac{111.6}{159.6} \times 100\% = 69.9\%$$

⑨ النسبة المئوية الكتلية لمركب فى عينة غير نقية (%) = $\frac{\text{كتلة المركب فى العينة (g)}}{\text{كتلة العينة غير النقية (g)}} \times 100\%$

مثال

احسب النسبة المئوية لمركب Fe_3O_4 فى خام المجنتيت، إذا علمت إنه عند معالجة 0.5 g من الخام بطريقة معينة، أمكن ترسيب 0.362 g من Fe_2O_3 [Fe = 55.8 , O = 16]

الحل

$$2Fe_3O_{4(s)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} 3Fe_2O_{3(s)}$$

$2Fe_3O_4$	$3Fe_2O_3$
2 mol	3 mol
$2\big((55.8 \times 3) + (16 \times 4)\big) =$	$3\big((55.8 \times 2) + (16 \times 3)\big) =$
462.8 g	478.8 g
? g	0.362 g

كتلة Fe_3O_4 فى خام المجنتيت = $\frac{462.8 \times 0.362}{478.8} = 0.35\ g$

النسبة المئوية لمركب Fe_3O_4 فى المجنتيت = $\frac{\text{كتلة المركب فى العينة}}{\text{كتلة العينة غير النقية}} \times 100\%$

$$= \frac{0.35}{0.5} \times 100\% = 70\%$$

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: استخدام العلاقة بين المول وكمية المادة فى التحليل الكمى.

يلزم 20 mL من حمض الهيدروكلوريك تركيزه 1 M لمعايرة 1.063 g من كربونات الصوديوم لتحديد درجة نقائه. ما النسبة المئوية لنقاء كربونات الصوديوم ؟ $[Na_2CO_3 = 106\ g/mol]$

Ⓐ 98.7% Ⓑ 99% Ⓒ 99.7% Ⓓ 97.8%

(أ) 98.7% (ب) 99% (جـ) 99.7% (د) 97.8%

فكرة الحل :

عدد مولات HCl المتفاعلة = التركيز المولارى × الحجم (L) = $1 \times \frac{20}{1000} = 0.02$ mol

$$Na_2CO_{3(s)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow 2NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$$

Na_2CO_3	HCl
1 mol	2 mol
? mol	0.02 mol

عدد مولات Na_2CO_3 المتفاعلة = $\frac{0.02}{2} = 0.01$ mol

كتلة Na_2CO_3 المتفاعلة = عدد المولات × الكتلة المولية من المادة

$= 0.01 \times 106 = 1.06$ g

النسبة المئوية لنقاء كربونات الصوديوم (%) = $\frac{\text{كتلة المركب فى العينة (g)}}{\text{كتلة العينة غير النقية (g)}} \times 100\%$

$= \frac{1.06}{1.063} \times 100\% = 99.7\%$

الحل : الاختيار الصحيح : (جـ)

التحليل الكيميائى الكمى

★ **يصنف التحليل الكمى إلى** قسمين أساسيين، هما : **التحليل الكمى الحجمى** و **التحليل الكمى الكتلى**

أولاً التحليل الكمى الحجمى

- يعتمد التحليل الكمى الحجمى على عملية تعيين تركيز محلول حامضى (أو قاعدى) بمعلومية الحجم اللازم منه للتعادل مع محلول آخر قاعدى (أو حامضى) معلوم الحجم والتركيز وهو ما يعرف **بالمعايرة**.
- وفيها يتم قياس الحجم المستهلك من محلول مادة معلومة التركيز عند معايرته (تفاعله تمامًا) مع حجم معلوم من محلول مادة أخرى مجهولة التركيز، ويعرف المحلول معلوم التركيز المستخدم **بالمحلول القياسى**.



معايرة حمض و قاعدة

وتختلف المحاليل القياسية المستخدمة فى عمليات المعايرة،
تبعًا لنوع التفاعل الحادث بين محلولى المادتين،

ومن هذه التفاعلات :

١ تفاعلات الأكسدة و الاختزال

التفاعلات التى يحدث فيها تغير فى أعداد تأكسد بعض المواد المتفاعلة

ويكون المحلول القياسى فيها إما عامل مؤكسد مثل : محلول $KMnO_4$

أو عامل مختزل مثل : محلول $NaNO_2$

٢ تفاعلات الترسيب

تفاعلات اتحاد الأيونات (عدا H^+ ، OH^-)

التى تعطى نواتج شحيحة الذوبان فى الماء (رواسب)

٣ تفاعلات التعادل

يتضمن هذا النوع

- **تفاعلات معايرة محلول حامضى**

مثل HCl بمحلول قياسى لقاعدة،

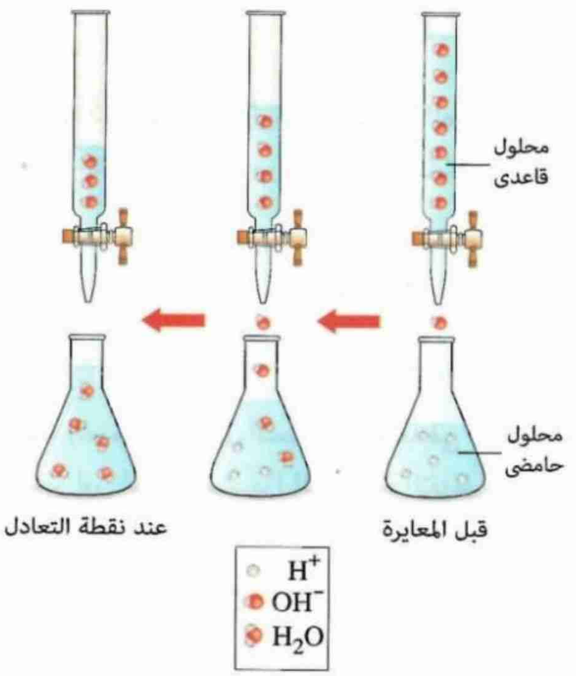
مثل NaOH أو Na_2CO_3

أو

- **تفاعلات معايرة محلول قاعدى**

مثل KOH بمحلول قياسى لحمض،

مثل H_2SO_4



وفى أى من حالتى التعادل

يتحد أيون H^+ من المحلول الحامضى مع أيون OH^- من المحلول القاعدى لتكوين جزىء ماء وعند تمام تفاعل الحمض مع القاعدة يصل المحلول إلى نقطة التعادل وهى النقطة التى يتم عندها تمام تفاعل التعادل بين الحمض و القاعدة.

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: التعرف على التحليل الكمى الحجمى.

الأملاح الآتية يمكن تحضيرها بطريقة تعادل محلول حمض مع محلول قاعدة، عدا ....

(أ) كبريتات الصوديوم. (ب) نترات الحديد (III). (جـ) نترات البوتاسيوم. (د) كبريتات الأمونيوم.

فكرة الحل :

∵ ملح كبريتات الصوديوم ينتج من تفاعل محلول حمض الكبريتيك مع محلول هيدروكسيد الصوديوم

$$H_2SO_{4(aq)} + 2NaOH_{(aq)} \longrightarrow Na_2SO_{4(aq)} + 2H_2O_{(l)}$$

∴ يستبعد الاختيار (أ)

∵ ملح نترات الحديد (III) يفترض تحضيره من تفاعل محلول حمض النيتريك مع محلول هيدروكسيد الحديد (III)، إلا أن هيدروكسيد الحديد (III) لا يذوب فى الماء، وبالتالى لا يوجد فى صورة محلول.

∴ لا يمكن تحضير ملح نترات الحديد (III) من تفاعل محلول حمض مع محلول قاعدة.

الحل : الاختيار الصحيح : (ب)

شاهد الفيديو

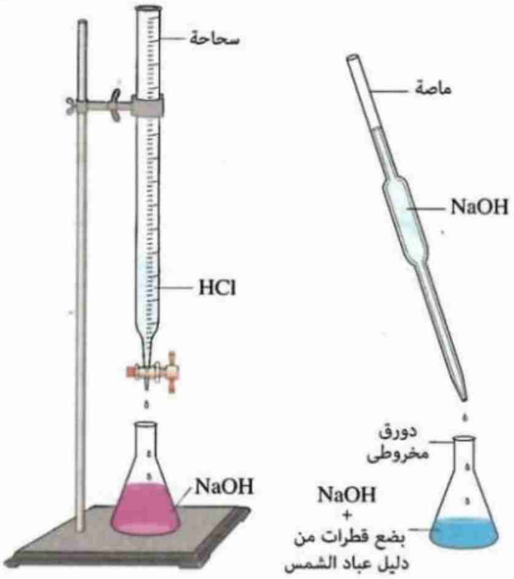
تطبيق

تعيين تركيز محلول معلوم الحجم من هيدروكسيد الصوديوم بمعايرته بمحلول قياسى من حمض الهيدروكلوريك باستخدام دليل مناسب.

الخطوات

1. ينقل 25 mL من محلول هيدروكسيد الصوديوم القاعدى – مجهول التركيز – إلى دورق مخروطى باستخدام ماصة.
2. تضاف بضع قطرات من دليل مناسب (عباد الشمس أو أزرق بروموثيمول) إلى الدورق، فيتلون المحلول باللون الأزرق.
3. تملأ السحاحة بمحلول قياسى من حمض الهيدروكلوريك (0.1 M).
4. يتم تنقيط (تسحيح) محلول الحمض تدريجيًا فى المحلول القاعدى، حتى يتغير لون المحلول مشيرًا إلى انتهاء التفاعل (نقطة التعادل) (من الأزرق إلى الأرجوانى فى حالة دليل عباد الشمس أو من الأزرق إلى الأخضر الفاتح فى حالة دليل أزرق بروموثيمول).
5. يعين حجم حمض الهيدروكلوريك المستهلك عند نقطة التعادل، وليكن فى هذا التفاعل 21 mL
6. وبعد تمام عملية المعايرة، **يتم حساب كمية المادة المراد تقديرها، بدلالة :**
   - حجم المحلول القياسى المستهلك.
   - قوانين الحسابات الكيميائية.

الخطوتين (١)، (٢) الخطوات من (٣) : (٥)



يصبح لون المحلول أرجوانى عند نقطة التعادل

الحسابات

- تكتب معادلة التفاعل بصورة رمزية موزونة، لمعرفة النسبة بين عدد مولات كل من الحمض acid والقاعدة base المتفاعلين.

$$HCl_{(aq)} + NaOH_{(aq)} \longrightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

1 mol   1 mol

- يتم تعيين تركيز محلول هيدروكسيد الصوديوم من العلاقة التالية :

$$\frac{M_a V_a}{n_a} = \frac{M_b V_b}{n_b}$$

تركيز الحمض (mol/L) — حجم الحمض (L) — تركيز القاعدة (mol/L) — حجم القاعدة (L)

عدد مولات الحمض (mol) من معادلة التفاعل الموزونة — عدد مولات القاعدة (mol) من معادلة التفاعل الموزونة

معطيات العملية

	التركيز	الحجم	عدد المولات من المعادلة الموزونة
المحلول الحامضى	$M_a = 0.1\ M$	$V_a = 21\ mL = \frac{21}{1000} = 0.021\ L$	$n_a = 1\ mol$
المحلول القاعدى	$M_b = ?\ M$	$V_b = 25\ mL = \frac{25}{1000} = 0.025\ L$	$n_b = 1\ mol$

$$\because \frac{M_a V_a}{n_a} = \frac{M_b V_b}{n_b}$$

$$\therefore M_b = \frac{M_a V_a n_b}{V_b n_a} = \frac{0.1 \times 0.021 \times 1}{0.025 \times 1} = 0.084\ M$$

- يتم حساب كتلة مادة NaOH المذابة فى محلول هيدروكسيد الصوديوم، كالتالى :

∵ التركيز المولارى (M) = $\frac{\text{عدد المولات (mol)}}{\text{حجم المحلول (L)}}$

∴ عدد مولات NaOH = التركيز المولارى (M) × حجم المحلول (L)

$= 0.025 \times 0.084 = 0.0021\ mol$

الكتلة المولية من NaOH = 23 + 16 + 1 = 40 g/mol

∵ عدد المولات (mol) = $\frac{\text{كتلة المادة (g)}}{\text{الكتلة المولية من المادة (g/mol)}}$

∴ كتلة المادة المذابة فى المحلول (g) = عدد المولات (mol) × الكتلة المولية من المادة (g/mol)

$= 0.0021 \times 40 = 0.084\ g$

مثال ١

احسب التركيز المولارى لمحلول هيدروكسيد الكالسيوم الذى يلزم لمعايرة 20 mL منه 25 mL من حمض الهيدروكلوريك تركيزه (0.5 M).

الحل

$$Ca(OH)_{2(aq)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow CaCl_{2(aq)} + 2H_2O_{(l)}$$

المعطيات

$n_a = 2$ mol , $V_a = 25$ mL $= 0.025$ L , $M_a = 0.5$ M

$n_b = 1$ mol , $V_b = 20$ mL $= 0.02$ L , $M_b = ?$ M

$$\because \frac{M_a V_a}{n_a} = \frac{M_b V_b}{n_b}$$

$$\therefore M_b = \frac{M_a V_a n_b}{V_b n_a} = \frac{0.5 \times 0.025 \times 1}{0.02 \times 2} = 0.3125 \text{ M}$$

مثال ٢

لزم لمعايرة 25 mL من محلول هيدروكسيد الصوديوم، حجمًا من حمض الكبريتيك 0.08 M مقداره 47 mL

احسب كل مما يأتى : [Na = 23 , O = 16 , H = 1 , S = 32]

(١) التركيز المولارى لمحلول هيدروكسيد الصوديوم.

(٢) كتلة هيدروكسيد الصوديوم المذابة فى 250 mL من هذا المحلول.

الحل

(١)

$$2NaOH_{(aq)} + H_2SO_{4(aq)} \longrightarrow Na_2SO_{4(aq)} + 2H_2O_{(l)}$$

المعطيات

$n_a = 1$ mol , $V_a = 47$ mL $= 0.047$ L , $M_a = 0.08$ M

$n_b = 2$ mol , $V_b = 25$ mL $= 0.025$ L , $M_b = ?$ M

$$M_b = \frac{M_a V_a n_b}{V_b n_a} = \frac{0.08 \times 0.047 \times 2}{0.025 \times 1} = 0.3 \text{ M}$$

(٢) عدد المولات (mol) = التركيز المولارى (M) × الحجم (L)

∴ عدد مولات NaOH = 0.25 × 0.3 = 0.075 mol

الكتلة المولية من NaOH = 23 + 16 + 1 = 40 g/mol

كتلة المادة (g) = عدد المولات (mol) × الكتلة المولية من المادة (g/mol)

∴ كتلة NaOH المذابة فى 250 mL من المحلول = 0.075 × 40 = 3 g

مثال ٣

احسب النسبة المئوية الكتلية لهيدروكسيد الصوديوم فى مخلوط يحتوى على هيدروكسيد الصوديوم وكلوريد الصوديوم، إذا علمت أنه يلزم لمعايرة 0.1 g من المخلوط 10 mL من حمض الهيدروكلوريك 0.1 M

[Na = 23 , O = 16 , H = 1]

الحل

$$NaOH_{(aq)} + HCl_{(aq)} \longrightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

المعطيات

$M_a = 0.1\ M$	$V_a = 10\ mL = 0.01\ L$	$n_a = 1\ mol$
$M_b = ?\ M$	$V_b = ?\ L$	$n_b = 1\ mol$

∵ التركيز المولارى (M) = $\frac{\text{عدد المولات (mol)}}{\text{الحجم (L)}}$

∴ عدد مولات الحمض المتفاعلة = التركيز (M) × الحجم (L) = 0.1 × 0.01 = 0.001 mol

∵ عدد مولات الحمض = عدد مولات القاعدة «من المعادلة الرمزية الموزونة»

∴ عدد مولات هيدروكسيد الصوديوم = 0.001 mol

الكتلة المولية من NaOH = 23 + 16 + 1 = 40 g/mol

∵ كتلة المادة (g) = عدد المولات (mol) × الكتلة المولية من المادة (g/mol)

∴ كتلة هيدروكسيد الصوديوم فى المخلوط = 0.001 × 40 = 0.04 g

∵ النسبة المئوية الكتلية = $\frac{\text{كتلة المركب فى المخلوط}}{\text{كتلة المخلوط}}$ × 100%

∴ النسبة المئوية الكتلية لمركب NaOH فى المخلوط = $\frac{0.04}{0.1}$ × 100% = 40%

مثال ٤

أضيف 25 mL من محلول كربونات الصوديوم تركيزه 0.3 M إلى 25 mL من حمض الهيدروكلوريك تركيزه 0.4 M ، ما المادة الزائدة ؟ وما عدد مولاتها المتبقية بدون تفاعل ؟

الحل

$$\underset{1\ mol}{Na_2CO_{3(aq)}} + \underset{2\ mol}{2HCl_{(aq)}} \longrightarrow 2NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$$

المعطيات

$n_a = 2\ mol$, $V_a = 25\ mL = 0.025\ L$, $M_a = 0.4\ M$

$n_b = 1\ mol$, $V_b = 25\ mL = 0.025\ L$, $M_b = 0.3\ M$

عدد مولات القاعدة النهائية

$$\frac{M_b\ V_b}{n_b} = \frac{0.3 \times 0.025}{1} = 0.0075\ mol$$

عدد مولات الحمض النهائية

$$\frac{M_a\ V_a}{n_a} = \frac{0.4 \times 0.025}{2} = 0.005\ mol$$

$0.0075\ mol > 0.005\ mol$

∴ المادة الزائدة هى Na_2CO_3 / لأن (عدد مولات القاعدة > عدد مولات الحمض).

عدد المولات المتبقية بدون تفاعل = $0.0075 - 0.005 = 0.0025\ mol$

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: إجراء عملية معايرة بين حمض وقاعدة.

❶ ما حجم حمض الهيدروكلوريك تركيزه 0.1 M اللازم للتعادل تمامًا مع 20 mL من محلول كربونات الصوديوم تركيزه 0.5 M؟

ⓐ 0.2 L ⓑ 0.4 L ⓒ 5 L ⓓ 20 L

فكرة الحل :

$$Na_2CO_{3(aq)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow 2NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$$

المعطيات

$n_a = 2\ mol$, $V_a = ?\ L$, $M_a = 0.1\ M$

$n_b = 1\ mol$, $V_b = 20\ mL = 0.02\ L$, $M_b = 0.5\ M$

$$\because \frac{M_a\ V_a}{n_a} = \frac{M_b\ V_b}{n_b} \qquad \therefore V_a = \frac{M_b\ V_b\ n_a}{M_a\ n_b} = \frac{0.5 \times 0.02 \times 2}{0.1 \times 1} = 0.2\ L$$

الحل : الاختيار الصحيح : ⓐ

٢ عند إضافة 25 mL من محلول هيدروكسيد الصوديوم إلى 50 mL من حمض الكبريتيك تستهلك كل المتفاعلات.
أى مما يأتى يعبر عن تركيز كل منهما ؟

ⓐ تركيز محلول هيدروكسيد الصوديوم يساوى أربعة أمثال تركيز حمض الكبريتيك.
ⓑ تركيز محلول هيدروكسيد الصوديوم له نفس تركيز حمض الكبريتيك.
ⓒ تركيز محلول هيدروكسيد الصوديوم ضعف تركيز حمض الكبريتيك.
ⓓ تركيز محلول هيدروكسيد الصوديوم نصف تركيز حمض الكبريتيك.

فكرة الحل :

$$2NaOH_{(aq)} + H_2SO_{4(aq)} \longrightarrow Na_2SO_{4(aq)} + 2H_2O_{(l)}$$

المعطيات

$n_b = 2$ mol ,	$V_b = 25$ mL ,	$M_b = ?$ M
$n_a = 1$ mol ,	$V_a = 50$ mL ,	$M_a = ?$ M

$$\frac{M_b V_b}{n_b} = \frac{M_a V_a}{n_a} \qquad \frac{M_b}{M_a} = \frac{V_a n_b}{V_b n_a} = \frac{50 \times 2}{25 \times 1} = 4$$

$$\therefore M_b = 4 M_a$$

الحل : الاختيار الصحيح : ⓐ

---

٣ يتعادل 1 g من الحمض العضوى $C_6H_{10}O_4$ مع 0.768 g من KOH
ما عدد بروتونات هذا الحمض ؟ [H = 1 , C = 12 , O = 16 , K = 39]

ⓐ 1 ⓑ 2 ⓒ 3 ⓓ 4

فكرة الحل :

الكتلة المولية من الحمض العضوى $C_6H_{10}O_4 = (12 \times 6) + 10 + (16 \times 4) = 146$ g/mol

عدد مولات الحمض المتفاعلة $= \frac{1}{146} = 6.85 \times 10^{-3}$ mol

الكتلة المولية من KOH $= 39 + 16 + 1 = 56$ g/mol

عدد مولات KOH $= \frac{0.768}{56} = 13.7 \times 10^{-3}$ mol

$$KOH \xrightarrow{\text{يتعادل مع}} C_6H_{10}O_4$$

KOH	$C_6H_{10}O_4$
13.7×10^{-3} mol	6.85×10^{-3} mol
? mol	1 mol

∵ عدد مولات KOH المتفاعلة مع 1 mol من الحمض $= \frac{13.7 \times 10^{-3}}{6.85 \times 10^{-3}} = 2$ mol

∴ الحمض يحتوى على 2 بروتون.

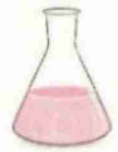
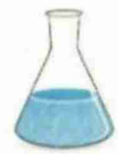
الحل : الاختيار الصحيح : ⓑ

الأدلة الكيميائية

- يلزم للتعرف على نقطة انتهاء التفاعل (نقطة التعادل) بين الحمض والقاعدة أن تُستخدم **الأدلة الكيميائية**.

الأدلة الكيميائية هى مواد كيميائية تستخدم لتحديد نقطة التعادل حيث يتغير لونها بتغير نوع وسط التفاعل.

- ويوضح الجدول الآتى بعض الأدلة المستخدمة فى تفاعلات التعادل :

الدليل	اللون فى الوسط المتعادل	اللون فى الوسط الحامضى	اللون فى الوسط القاعدى	يستخدم فى معايرة
الميثيل البرتقالى شاهد الفيديو	 برتقالى	 أحمر	 أصفر	حمض قوى مع قاعدة ضعيفة
الفينولفثالين شاهد الفيديو	 عديم اللون	 عديم اللون	 أحمر وردى	حمض ضعيف مع قاعدة قوية
عباد الشمس شاهد الفيديو	 أرجوانى	 أحمر	 أزرق	حمض قوى مع قاعدة قوية
أزرق بروموثيمول	 أخضر فاتح	 أصفر	 أزرق	

ملحوظات

(١) **لا يستخدم دليل الفينولفثالين فى الكشف عن الأحماض.**
لأنه يظل عديم اللون فى الوسط الحامضى.

(٢) **لا يستخدم محلول قاعدى فى التمييز بين دليل عباد الشمس ودليل أزرق بروموثيمول.**
لأنه يتلون مع كل من الدليلين باللون الأزرق.

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: التعرف على دور الأدلة فى عملية المعايرة.

١ يتغير لون دليل الفينولفثالين مع ....

Ⓐ $HCl_{(aq)}$ Ⓑ $KOH_{(aq)}$ Ⓒ $H_2O_{(l)}$ Ⓓ $NaCl_{(aq)}$

◂ **فكرة الحل :**

∵ دليل الفينولفثالين يكون عديم اللون فى كل من :

• الوسط الحامضى ($HCl_{(aq)}$).
∴ يستبعد الاختيار Ⓐ

• الوسط المتعادل ($H_2O_{(l)}$ ، $NaCl_{(aq)}$).
∴ يستبعد الاختيارين Ⓒ ، Ⓓ

* يتغير لون دليل الفينولفثالين فى الوسط القاعدى ($KOH_{(aq)}$) إلى الأحمر الوردى.

◂ **الحل :** الاختيار الصحيح : Ⓑ

---

٢ تم خلط 100 mL من محلول هيدروكسيد البوتاسيوم يحتوى على 12.6 g من KOH المذاب مع 100 mL من حمض النيتريك يحتوى على 5.6 g من HNO_3 المذاب.
ما اللون الذى يتلون به خليط التفاعل عند إضافة قطرات من دليل أزرق بروموثيمول إليه ؟

[H = 1 , N = 14 , O = 16 , K = 39]

Ⓐ أخضر باهت. Ⓑ أصفر.
Ⓒ أزرق. Ⓓ أحمر.

◂ **فكرة الحل :**

$$\underset{1\ mol}{KOH_{(aq)}} + \underset{1\ mol}{HNO_{3(aq)}} \longrightarrow KNO_{3(aq)} + H_2O_{(l)}$$

الكتلة المولية من $KOH = 39 + 16 + 1 = 56\ g/mol$

عدد مولات $KOH = \frac{12.6}{56} = 0.225\ mol$

الكتلة المولية من $HNO_3 = 1 + 14 + (3 \times 16) = 63\ g/mol$

عدد مولات $HNO_3 = \frac{5.6}{63} = 0.09\ mol$

∵ عدد مولات KOH (0.225 mol) أكبر من عدد مولات HNO_3 (0.09 mol) فى خليط التفاعل.

∴ محلول خليط التفاعل يكون قاعديًا أى يتلون باللون الأزرق عند إضافة قطرات من دليل أزرق بروموثيمول إليه.

◂ **الحل :** الاختيار الصحيح : Ⓒ

---

٣ أى من مخاليط المحاليل الآتية يحول لون دليل الميثيل البرتقالى إلى اللون الأحمر ؟

[HCl = 36.5 g/mol , NaOH = 40 g/mol , H_2SO_4 = 98 g/mol , $Ca(OH)_2$ = 74 g/mol]

Ⓐ 20 mL من محلول يحتوى على 3.65 g من HCl + 20 mL من محلول يحتوى على 4 g من NaOH
Ⓑ 20 mL من محلول يحتوى على 9.8 g من H_2SO_4 + 20 mL من محلول يحتوى على 7.4 g من $Ca(OH)_2$
Ⓒ 10 mL من محلول يحتوى على 3.65 g من HCl + 20 mL من محلول يحتوى على 0.4 g من NaOH
Ⓓ 20 mL من محلول يحتوى على 9.8 g من H_2SO_4 + 10 mL من محلول يحتوى على 7.4 g من $Ca(OH)_2$

فكرة الحل :

يتلون دليل الميثيل البرتقالى باللون الأحمر فى الوسط الحامضى الذى يكون تركيز أيونات H^+ فيه أكبر من تركيز أيونات OH^- ويتم التعرف على تركيز كل منهما فى الاختيارات الأربعة، كما هو موضح بالجدول التالى :

الاختيارات	عدد مولات الحمض	عدد مولات H^+	عدد مولات القاعدة	عدد مولات OH^-
(أ)	$\frac{3.65}{36.5} = 0.1$ mol	0.1 mol	$\frac{4}{40} = 0.1$ mol	0.1 mol
(ب)	$\frac{9.8}{98} = 0.1$ mol	$2 \times 0.1 = 0.2$ mol	$\frac{7.4}{74} = 0.1$ mol	$2 \times 0.1 = 0.2$ mol
(جـ)	$\frac{3.65}{36.5} = 0.1$ mol	0.1 mol	$\frac{0.4}{40} = 0.01$ mol	0.01 mol
(د)	$\frac{9.8}{98} = 0.1$ mol	$2 \times 0.1 = 0.2$ mol	$\frac{7.4}{74} = 0.1$ mol	$2 \times 0.1 = 0.2$ mol

∵ عدد مولات H^+ تساوى عدد مولات OH^- فى خليط محاليل الاختيارات (أ) ، (ب) ، (د)

∴ خليط التفاعل يكون متعادلًا فى هذه الحالات.

وعليه تستبعد الاختيارات (أ) ، (ب) ، (د)

∵ عدد مولات H^+ يكون أكبر من عدد مولات OH^- فى خليط محلول الاختيار (جـ)

∴ خليط محلول الاختيار (جـ) يكون حامضيًا (يحول لون دليل الميثيل البرتقالى إلى اللون الأحمر).

الحل : الاختيار الصحيح : (جـ)

---

٤ عند خلط 50 mL من حمض الكبريتيك تركيزه 0.2 M مع 100 mL من محلول هيدروكسيد الصوديوم تركيزه 0.1 M به قطرات من دليل عباد الشمس، فإن لون خليط التفاعل يصبح ....

(أ) أصفر. (ب) أزرق. (جـ) أرجوانى. (د) أحمر.

فكرة الحل :

عدد مولات حمض الكبريتيك $H_2SO_4 = \frac{50}{1000} \times 0.2 = 0.01$ mol

عدد مولات أيونات $H^+ = 0.01 \times 2 = 0.02$ mol

عدد مولات هيدروكسيد الصوديوم $NaOH = \frac{100}{1000} \times 0.1 = 0.01$ mol

عدد مولات أيونات $OH^- = 0.01$ mol

∵ عدد مولات H^+ أكبر من عدد مولات OH^- فى خليط التفاعل.

∴ خليط التفاعل يكون حامضيًا، فيصبح لون دليل عباد الشمس أحمر.

الحل : الاختيار الصحيح : (د)

ثانيًا التحليل الكمى الكتلى

تعتمد عملية التحليل الكمى الكتلى على فصل المادة المراد تقديرها، ثم حساب كتلتها باستخدام قوانين الحساب الكيميائى.

يتم فصل المادة المراد حساب كميتها (كتلتها) بعدة طرق، منها :

١ طريقة التطاير

٢ طريقة الترسيب

١ التحليل الكمى الكتلى بطريقة التطاير



تعيين كتلة مادة غير متهدرتة

تعتمد هذه الطريقة على تسخين مادة معلومة الكتلة فى الهواء، ثم حساب كتلة العنصر أو المركب المتطاير، عن طريق :

- جمع المادة المتطايرة وتعيين كتلتها.

أو

- حساب مقدار النقص فى كتلة المادة الأصلية قبل وبعد عملية التطاير.

وتستخدم هذه الطريقة - غالبًا - فى :

١ تعيين النسبة المئوية لماء التهدرت (التبلر) فى عينة المادة المتهدرتة، كالتالى :

نحسب أولًا كتلة ماء التبلر فى عينة المادة المتهدرتة من القانون التالى :

كتلة ماء التبلر فى العينة = كتلة المادة المتهدرتة «قبل التسخين» − كتلة المادة غير المتهدرتة «بعد التسخين وثبات الكتلة»

ثم النسبة المئوية لماء التبلر فى عينة المادة المتهدرتة من القانون التالى :

$$\text{النسبة المئوية لماء التبلر} = \frac{\text{كتلة ماء التبلر فى عينة المادة المتهدرتة (g)}}{\text{كتلة عينة المادة المتهدرتة (g)}} \times 100\%$$

٢ تعيين الصيغ الجزيئية للأملاح المتهدرتة (المادة المتبلرة)، من الحسابات الكيميائية التالية :

	ماء التبلر (H_2O)	المادة غير المتهدرتة
الكتلة المولية	$(1 \times 2) + 16 = 18$ g/mol	(x) g/mol
عدد المولات	كتلة ماء التبلر فى العينة (g) / الكتلة المولية من ماء التبلر (18 g/mol)	كتلة المادة غير المتهدرتة (g) / الكتلة المولية من المادة (x g/mol)
نسبة عدد المولات	عدد مولات ماء التبلر / عدد المولات الأصغر :	عدد مولات المادة غير المتهدرتة / عدد المولات الأصغر

من العلاقة السابقة

ومن النسبة بين عدد مولات كل من (ماء التبلر والمادة غير المتهدرتة) يمكن تعيين الصيغة الجزيئية للملح المتهدرت.

مثال

بعد التسخين الشديد لعينة من ملح كلوريد الباريوم المتهدرت كتلتها 2.6903 g، ثبتت الكتلة عند 2.2923 g

احسب : [Ba = 137 , Cl = 35.5 , H = 1 , O = 16]

(١) النسبة المئوية لماء التبلر فى الملح المتهدرت.

(٢) الصيغة الجزيئية للملح المتهدرت.

الحل

(١) كتلة ماء التبلر فى العينة = كتلة المادة المتهدرتة − كتلة المادة غير المتهدرتة = 2.6903 − 2.2923 = 0.398 g

$$\text{النسبة المئوية لماء التبلر} = \frac{\text{كتلة ماء التبلر فى العينة (g)}}{\text{كتلة عينة المادة المتهدرتة (g)}} \times 100\%$$

$$= \frac{0.398}{2.6903} \times 100\% = 14.79\%$$

(٢)

	H_2O	$BaCl_2$
كتلة المادة	0.398 g	2.2923 g
الكتلة المولية	$(1 \times 2) + 16 = 18$ g/mol	$137 + (35.5 \times 2) = 208$ g/mol
عدد المولات	$\frac{0.398}{18} = 0.022$ mol	$\frac{2.2923}{208} = 0.011$ mol
نسبة عدد المولات	$\frac{0.022}{0.011} = 2$	$\frac{0.011}{0.011} = 1$

∴ الصيغة الجزيئية لملح كلوريد الباريوم المتهدرت : $BaCl_2.2H_2O$

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: حساب كتلة المادة بطريقة التطاير.

1 إذا اعتبرنا أن الكتلة المولية من $CuSO_4$ تساوى 160 g/mol ومن الماء 18 g/mol ما النسبة المئوية الكتلية لماء التبلر فى $CuSO_4.5H_2O$ ؟

ⓐ $\frac{18 \times 100}{160}$ %
ⓑ $\frac{5 \times 18 \times 100}{160}$ %
ⓒ $\frac{18 \times 100}{160 + 18}$ %
ⓓ $\frac{5 \times 18 \times 100}{160 + (5 \times 18)}$ %

فكرة الحل :

$$\text{النسبة المئوية لماء التبلر فى العينة} = \frac{\text{كتلة ماء التبلر فى العينة } (5H_2O)}{\text{كتلة عينة المادة المتبلرة } (CuSO_4.5H_2O)} \times 100\%$$

$$= \frac{5 \times 18}{160 + (5 \times 18)} \times 100\%$$

الحل : الاختيار الصحيح : ⓓ

٢ إذا كانت الكتلة المولية من كربونات الصوديوم المتبلرة $Na_2CO_3.xH_2O$ تساوى 250 g/mol ، فإن قيمة x تساوى ....

$[Na_2CO_3 = 106\ g/mol\ ,\ H_2O = 18\ g/mol]$

أ 2 ب 5

ج 8 د 10

فكرة الحل :

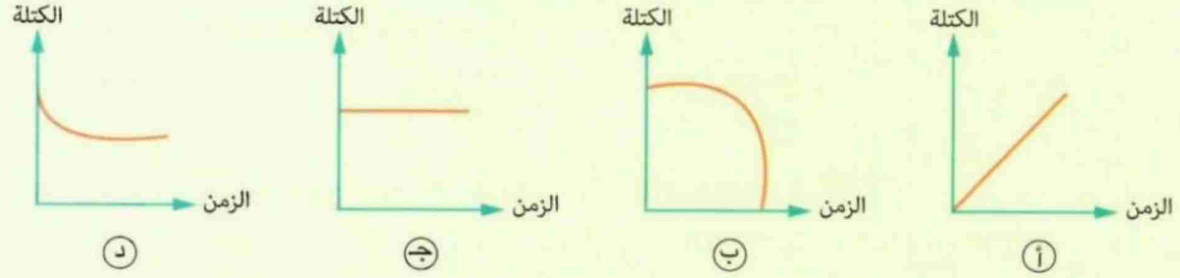
كتلة ماء التبلر = $250 - 106 = 144\ g$

عدد مولات ماء التبلر = $\frac{\text{كتلة ماء التبلر فى العينة}}{\text{الكتلة المولية من ماء التبلر}} = \frac{144}{18} = 8\ mol$

الحل : الاختيار الصحيح : ج

---

٣ ما الشكل البيانى الذى يعبر عن التغير الحادث فى كتلة عينة من كلوريد الباريوم المتهدرت عند تسخينها بشدة ؟



فكرة الحل :

∵ عند تسخين عينة من كلوريد الباريوم المتهدرت $(BaCl_2.xH_2O)$ يتطاير ماء التبلر (xH_2O) ويتبقى ملح كلوريد الباريوم غير المتهدرت $(BaCl_2)$

∴ كتلة العينة المتهدرتة سوف تقل بمقدار ما تطاير من الماء فقط (لا تصل الكتلة إلى الصفر) .

الحل : الاختيار الصحيح : د

---

٤ عينة من كبريتات الماغنسيوم المتهدرتة تحتوى على 51.22 % من كتلتها ماء تبلر.

ما عدد مولات ماء التبلر فى كبريتات الماغنسيوم المتهدرتة ؟

$[MgSO_4 = 120\ g/mol\ ,\ H_2O = 18\ g/mol]$

أ 7 ب 10

ج 12 د 13

فكرة الحل :

إذا افترضنا أن كتلة كبريتات الماغنسيوم المتهدرتة = 100 g ، فإن :

- كتلة ماء التبلر = 51.22 g
- كتلة كبريتات الماغنسيوم غير المتهدرتة = 100 − 51.22 = 48.78 g

	H_2O	$MgSO_4$
كتلة المادة	51.22 g	48.78 g
عدد المولات	$\frac{51.22}{18} = 2.846$ mol	$\frac{48.78}{120} = 0.4065$ mol
نسبة عدد المولات	$\frac{2.846}{0.4065} = 7$:	$\frac{0.4065}{0.4065} = 1$

الحل : الاختيار الصحيح : (أ)

---

٥ عينــة من كربونــات الصوديوم المتهدرتة كتلتهــا 14.3 g أذيبت فى الماء المقطر لعمــل محلول حجمه 1 L ولزم لمعادلة 25 mL من هذا المحلول 25 mL من حمض هيدروكلوريك تركيزه 0.1 M ما النسبة المئوية لماء التبلر فى هذه العينة ؟ [Na = 23 , C = 12 , O = 16]

(أ) 31.65% (ب) 15.73% (ج) 25.87% (د) 62.94%

فكرة الحل :

تتفاعل كربونات الصوديوم مع حمض الهيدروكلوريك، تبعًا للمعادلة التالية :

$$Na_2CO_{3(aq)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow 2NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$$

المعطيات

$V_b = 25$ mL , $M_b = ?$ M , $n_b = 1$ mol

$V_a = 25$ mL , $M_a = 0.1$ M , $n_a = 2$ mol

$$\frac{M_b V_b}{n_b} = \frac{M_a V_a}{n_a}$$

$$M_b = \frac{0.1 \times 25 \times 1}{25 \times 2} = 0.05\ M$$

عدد مولات Na_2CO_3 فى المحلول الذى حجمه 1 L = 1 × 0.05 = 0.05 mol

الكتلة المولية من Na_2CO_3 = (2 × 23) + 12 + (3 × 16) = 106 g/mol

كتلة Na_2CO_3 فى العينة = 106 × 0.05 = 5.3 g

كتلة ماء التبلر فى العينة = 14.3 − 5.3 = 9 g

النسبة المئوية لماء التبلر = $\frac{9}{14.3} \times 100\% \simeq 62.94\%$

الحل : الاختيار الصحيح : (د)

٢ التحليل الكمى الكتلى بطريقة الترسيب

تعتمد هذه الطريقة على ترسيب المادة المراد تقديرها (مركب أو عنصر)، ثم حساب كتلتها.

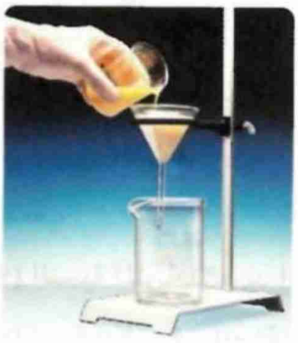
خطوات عملية التحليل الكتلى بطريقة الترسيب :

١ ترسب المادة المراد تقديرها من محلول العينة على هيئة مركب نقى شحيح الذوبان فى الماء، له صيغة كيميائية معروفة ثابتة.

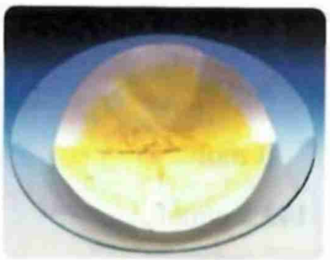
٢ يفصل الراسب المتكون بالترشيح على ورقة ترشيح عديمة الرماد وهى عبارة عن نوع من ورق الترشيح يحترق احتراقًا كاملًا، دون ترك أى رماد.

٣ تُنقل ورقة الترشيح وعليها الراسب فى بوتقة احتراق وتُحرق تمامًا، حتى تتطاير مكونات ورقة الترشيح، ويبقى الراسب فقط.

٤ يتم تعيين كتلة الراسب، ومنه يمكن حساب كتلة المركب أو العنصر المراد تقديره على أساس المعادلة الكيميائية الرمزية الموزونة.



عملية الترشيح



راسب على ورقة ترشيح عديمة الرماد



حرق ورقة الترشيح فى البوتقة

مثال ١

احسب كتلة مادة كلوريد الباريوم المذابة فى محلول كلوريد الباريوم، إذا علمت أنه عند إضافة محلول كبريتات الصوديوم إليه بوفرة، يترسب 2 g من كبريتات الباريوم. [Ba = 137 , Cl = 35.5 , S = 32 , O = 16]

الحل

الكتلة المولية من مركب $BaCl_2 = 137 + (2 \times 35.5) = 208\ g/mol$

الكتلة المولية من مركب $BaSO_4 = 137 + 32 + (4 \times 16) = 233\ g/mol$

$$BaCl_{2(aq)} + Na_2SO_{4(aq)} \longrightarrow 2NaCl_{(aq)} + BaSO_{4(s)}$$

$BaCl_2$	$BaSO_4$
1 mol	1 mol
208 g/mol	233 g/mol
? g	2 g

∴ كتلة مادة $BaCl_2$ فى محلولها $= \frac{2 \times 208}{233} = 1.785\ g$

مثال ٢

أذيب 2 g من كلوريد الصوديوم غير النقى فى الماء وأضيف إليه وفرة من نترات الفضة فترسب 4.628 g من كلوريد الفضة،

احسب : [NaCl = 58.5 g/mol , AgCl = 143.5 g/mol , Cl = 35.5 g/mol]

(١) النسبة المئوية لكلوريد الصوديوم فى العينة.

(٢) نسبة الكلور فى العينة.

الحل

(١)

$$NaCl_{(aq)} + AgNO_{3(aq)} \longrightarrow NaNO_{3(aq)} + AgCl_{(s)}$$

$NaCl$	$AgCl$
1 mol	1 mol
58.5 g/mol	143.5 g/mol
? g	4.628 g

∴ كتلة مادة $NaCl = \frac{4.628 \times 58.5}{143.5} = 1.887\ g$

∴ النسبة المئوية لكلوريد الصوديوم فى العينة = $\frac{\text{كتلة كلوريد الصوديوم النقية}}{\text{كتلة العينة غير النقية}} \times 100\%$

$= \frac{1.887}{2} \times 100\%$

$= 94.35\%$

(٢)

$$NaCl_{(aq)} \xrightarrow{\text{يحتوى على}} Cl^{-}_{(aq)}$$

$NaCl$	Cl^-
1 mol	1 mol
58.5 g/mol	35.5 g/mol
1.887 g	? g

∴ كتلة أيونات الكلوريد = $\frac{1.887 \times 35.5}{58.5} = 1.145\ g$

∴ نسبة الكلور فى العينة = $\frac{\text{كتلة أيونات الكلوريد}}{\text{كتلة العينة}} \times 100\%$

$= \frac{1.145}{2} \times 100\%$

$= 57.25\%$

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: حساب كتلة المادة بطريقة الترسيب.

١ ما الخطوات المتبعة فى فصل ملح نترات الصوديوم من خليط له مع ملح كربونات الكالسيوم ؟

Ⓐ إذابة ← تبخر ← تبلر ← ترشيح.
Ⓑ إذابة ← ترشيح ← تبخر ← تبلر.
Ⓒ ترشيح ← تبلر ← تبخر ← ذوبان.
Ⓓ ترشيح ← تبخر ← تبلر ← ذوبان.

◂ **فكرة الحل :**

∵ ملح نترات الصوديوم يذوب فى الماء وملح كربونات الكالسيوم لا يذوب فى الماء.

∴ الخطوة الأولى هى إضافة الماء إلى خليط الملحين مع التقليب.

وعليه يتم استبعاد الاختيارين Ⓒ ، Ⓓ

∵ فصل ملح كربونات الكالسيوم عن محلول نترات الصوديوم يتم بالترشيح.

∴ يستبعد الاختيار Ⓐ

◂ **الحل :** الاختيار الصحيح : Ⓑ

---

٢ عينة (X) من ملح كلوريد الصوديوم، تمثل الشوائب 50% من كتلتها، وعند إذابتها فى الماء تكوَّن محلول، وعند إضافة محلول نترات الفضة بوفرة إليه تكوَّن راسب كتلته 8.5 g

ما كتلة العينة (X) ؟ [NaCl = 58.5 g/mol , AgCl = 143.5 g/mol]

Ⓐ 6.93 g
Ⓑ 7.2 g
Ⓒ 8 g
Ⓓ 10 g

◂ **فكرة الحل :**

$$AgNO_{3(aq)} + NaCl_{(aq)} \longrightarrow NaNO_{3(aq)} + AgCl_{(s)}$$

	NaCl		AgCl
	58.5 g/mol		143.5 g/mol
	? g		8.5 g

كتلة NaCl المتفاعلة $= \frac{58.5 \times 8.5}{143.5} = 3.465\ g$

∵ نسبة الشوائب فى عينة كلوريد الصوديوم (X) تساوى 50%

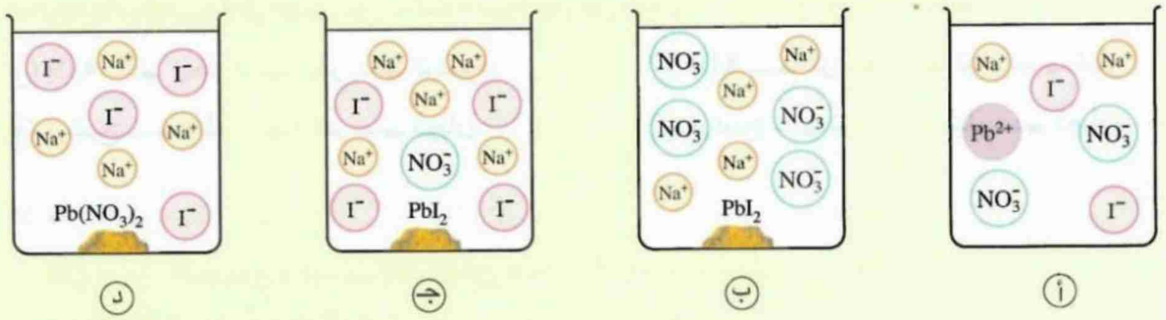
نسبة كلوريد الصوديوم فى العينة $=$ $\frac{\text{كتلة كلوريد الصوديوم فى العينة}}{\text{كتلة العينة}} \times 100\%$

∴ كتلة العينة (X) $= \frac{100\% \times 3.465}{50\%} = 6.93\ g$

◂ **الحل :** الاختيار الصحيح : Ⓐ

٣ أى الأشكال الآتية يعبر عن ناتج تفاعل خليط من 0.331 g من نترات الرصاص (II) مع 125 mL من محلول يوديد الصوديوم تركيزه 0.1 M ؟

$[Pb(NO_3)_2 = 331 \text{ g/mol}]$



فكرة الحـل :

$$Pb(NO_3)_{2(aq)} + 2NaI_{(aq)} \longrightarrow 2NaNO_{3(aq)} + PbI_{2(s)}$$

∵ عند تفاعل محلول نترات الرصاص (II) مع محلول يوديد الصوديوم يترسب PbI_2

∴ يستبعد الاختيارين (أ) ، (د)

عدد مولات $Pb(NO_3)_2$ فى الخليط $= \frac{0.331}{331} = 0.001 \text{ mol}$

عدد مولات يوديد الصوديوم NaI فى الخليط $= 0.125 \times 0.1 = 0.0125 \text{ mol}$

عدد مولات PbI_2 الناتجة عند استهلاك

كل NaI

$$2NaI_{(aq)} \xrightarrow{\text{ينتج}} PbI_{2(s)}$$

2 mol	1 mol
0.0125 mol	? mol

عدد مولات $PbI_2 = \frac{0.0125}{2} = 0.00625 \text{ mol}$

كل $Pb(NO_3)_2$

$$Pb(NO_3)_{2(aq)} \xrightarrow{\text{ينتج}} PbI_{2(s)}$$

1 mol	1 mol
0.001 mol	? mol

عدد مولات $PbI_2 = 0.001 \text{ mol}$

∵ عدد مولات PbI_2 الناتجة عند استهلاك كل نترات الرصاص (II) هى الأقل.

∴ $Pb(NO_3)_2$ هو العامل المحدد للتفاعل وبالتالى سيكون هناك عدد من مولات Na^+ ، I^- غير المتفاعلة بالإضافة إلى أيونات Na^+ ، NO_3^- الناتجة مع راسب PbI_2

الحـل : الاختيار الصحيح : (جـ)

٤ تم إذابة 0.93 g من خليط يحتوى على عدد متساوى من مولات NaCl ، $MgCl_2$ فى الماء ثم أضيف إليها وفرة من محلول $AgNO_3$ لضمان ترسيب كل أيونات الكلوريد، فإذا كانت كتلة كلوريد الفضة المترسبة تساوى 2.676 g

المركب	الكتلة المولية
NaCl	58.5 g/mol
AgCl	143.5 g/mol

ما النسبة المئوية الكتلية التقريبية لكلوريد الصوديوم فى العينة ؟

Ⓐ 20%   ⓑ 39%

ⓙ 60%   ⓓ 80%

فكرة الحل :

$$NaCl_{(aq)} + AgNO_{3(aq)} \longrightarrow NaNO_{3(aq)} + AgCl_{(s)}$$

$$MgCl_{2(aq)} + 2AgNO_{3(aq)} \longrightarrow Mg(NO_3)_{2(aq)} + 2AgCl_{(s)}$$

بالجمع

$$NaCl_{(aq)} + MgCl_{2(aq)} + 3AgNO_{3(aq)} \longrightarrow NaNO_{3(aq)} + Mg(NO_3)_{2(aq)} + 3AgCl_{(s)}$$

$$NaCl_{(aq)} \longrightarrow 3AgCl_{(s)}$$

58.5 g	3 × 143.5 g
? g	2.676 g

∴ كتلة NaCl فى العينة $= \frac{58.5 \times 2.676}{3 \times 143.5} = 0.3636\ g$

النسبة المئوية لكلوريد الصوديوم فى العينة $= \frac{0.3636}{0.93} \times 100\%$

$= 39.1\% \simeq 39\%$

الحل : الاختيار الصحيح : ⓑ

٥ **أجرى ثلاثة طلاب ثلاث تجارب على التحليل الكيميائى :**

- **تجربة الطالب (1) :** تعيين تركيز حجم معلوم من الحمض A الذى يتعادل مع المادة القلوية B معلومة الحجم والتركيز.
- **تجربة الطالب (2) :** تعيين النسبة المئوية لماء التبلر فى ملح متهدرت.
- **تجربة الطالب (3) :** تعيين تركيز حجم معلوم من محلول العامل المؤكسد X بمعايرته بالحمض Y معلوم الحجم والتركيز.

ما نوع التحليل الكيميائى الذى يتم استقصائه فى التجارب الثلاثة ؟

الاختيارات	تجربة الطالب (1)	تجربة الطالب (2)	تجربة الطالب (3)
(أ)	تحليل كمى حجمى	تحليل كمى كتلى	تحليل كمى حجمى
(ب)	تحليل كمى كتلى	تحليل كمى كتلى	تحليل كمى حجمى
(جـ)	تحليل كمى حجمى	تحليل كمى حجمى	تحليل كمى حجمى
(د)	تحليل كمى كتلى	تحليل كمى حجمى	تحليل كمى حجمى

فكرة الحل :

∵ التحليل الكمى الحجمى قد يستخدم فيه محلول معلوم الحجم والتركيز لتعيين تركيز مادة أخرى معلومة الحجم سواء فى تفاعلات التعادل أو تفاعلات الأكسدة والاختزال.

∴ تجربة الطالبين (1) ، (3) من تجارب التحليل الكمى الحجمى.

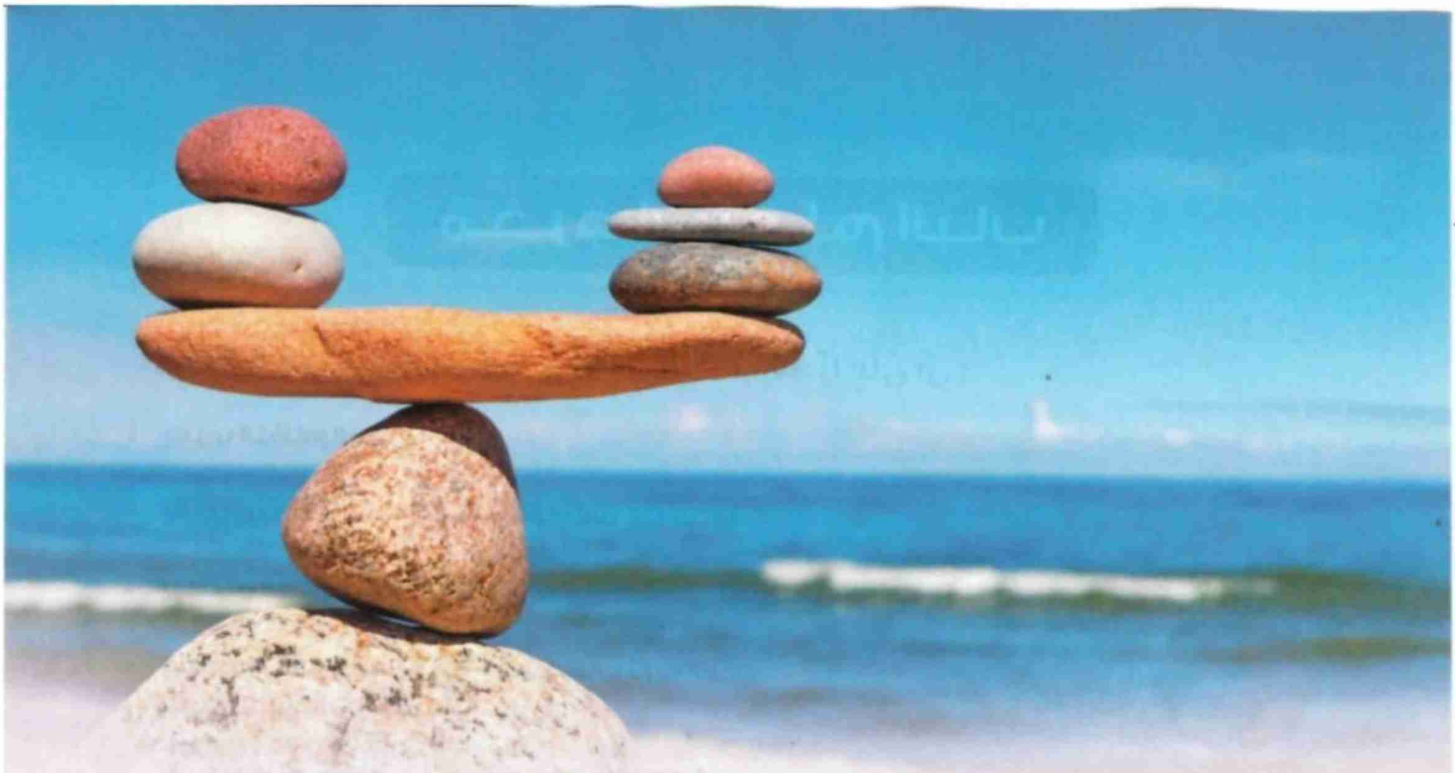
وعليه يتم استبعاد الاختيارين (ب) ، (د)

∵ تعيين النسبة المئوية لماء التبلر فى ملح متهدرت يتطلب تعيين كتلة ماء التبلر فى هذا الملح وهو إحدى طرق التحليل الكمى الكتلى.

∴ تجربة الطالب (2) من تجارب التحليل الكمى الكتلى.

وعليه يستبعد الاختيار (جـ)

الحل : الاختيار الصحيح : (أ)



الباب 3

الاتزان الكيميائى

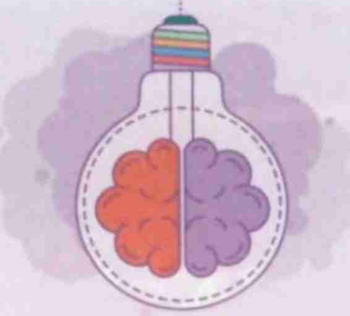
الدرس الأول
- من: بداية الباب.
- إلى: ما قبل العوامل المؤثرة على اتزان التفاعلات الكيميائية.

الدرس الثانى
- من: العوامل المؤثرة على اتزان التفاعلات الكيميائية.
- إلى: ما قبل الاتزان الأيونى.

الدرس الثالث
- من: الاتزان الأيونى.
- إلى: ما قبل التحلل المائى للأملاح.

الدرس الرابع
- من: التحلل المائى للأملاح.
- إلى: نهاية الباب.

مخرجات تعلم الباب

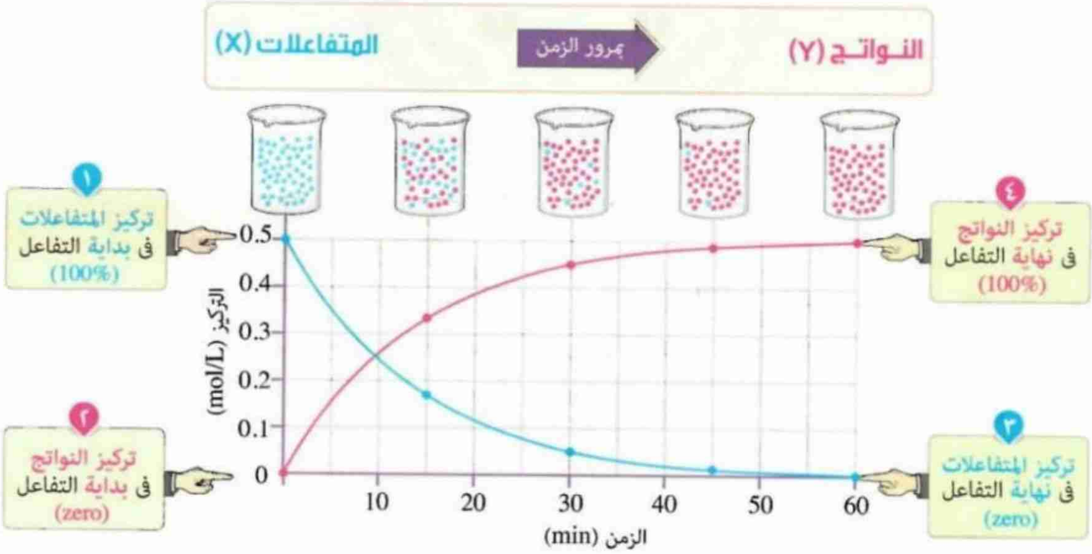


فى نهاية هذا الباب ينبغى أن يكون الطالب قادرًا على أن :

- يعرف النظام المتزن.
- يقارن بين التفاعلات التامة والتفاعلات غير التامة.
- يستنتج العوامل التى تؤثر فى معدل التفاعل الكيميائى.
- يستخدم قانون فعل الكتلة فى حساب ثابت الاتزان لبعض التفاعلات الكيميائية.
- يحسب ثابت الاتزان بدلالة التركيز.
- يحسب ثابت الاتزان بدلالة الضغط الجزئى للغاز.
- يستنتج العوامل التى تؤثر على حالة الاتزان.
- يطبق قاعدة لوشاتيليه على بعض التفاعلات المتزنة.
- يقارن بين أنواع المحاليل (إلكتروليتات - لاإلكتروليتات).
- يستنتج مفهوم الاتزان الأيونى فى الإلكتروليتات الضعيفة.
- يستنتج الحاصل الأيونى للماء.
- يحدد مفهوم الأس الهيدروچينى «الرقم الهيدروچينى» ودلالته على المحاليل المائية.
- يشرح مفهوم التميؤ «التحلل المائى لبعض الأملاح».
- يستنتج حاصل الإذابة لملح.

مفهوم سرعة (معدل) التفاعل الكيميائى

الشكل البيانى التالى يعبر عن مفهوم سرعة التفاعل الكيميائى :



ومن الشكل البيانى يتضح أن :

المتفاعلات (X)		النواتج (Y)
١ يكون **تركيز المتفاعلات** أكبر ما يمكن (بنسبة 100%)	**فى بداية التفاعل**	٢ يكون **تركيز النواتج** أقل ما يمكن (zero)
يقل تركيز المتفاعلات	**بمرور الزمن**	**يزداد** تركيز النواتج
٣ يصبح تركيز المتفاعلات **أقل ما يمكن** (zero) **تقريبًا**	**فى نهاية التفاعل**	٤ يصبح تركيز النواتج **أكبر ما يمكن** (بنسبة 100%) **تقريبًا**

- **سرعة التفاعل الكيميائى** هى مقدار التغير فى تركيز المواد المتفاعلة أو المواد الناتجة عن التفاعل فى وحدة الزمن.

★ **درجة الغليان** هى درجة الحرارة التى يتساوى عندها الضغط البخارى للسائل مع الضغط الجوى المعتاد.

الأنظمة المتزنة

تتميز كل الأنظمة الموجودة فى الكون بالتوازن الدقيق بين عناصرها المختلفة

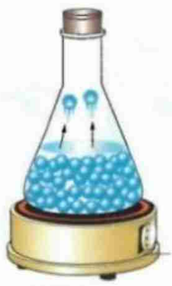
ومن صور الأنظمة المتزنة

١ الاتزان فى الأنظمة الفيزيائية

٢ الاتزان فى الأنظمة الكيميائية

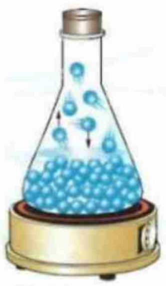
١ الاتزان فى الأنظمة الفيزيائية

- إذا وضع مقدار من الماء فى إناء مغلق على موقد، فعند درجة الغليان تنشأ حالة من **الاتزان الديناميكى** بين عمليتين متضادتين (متعاكستين)، هما عمليتى التبخر و التكاثف، **كالتالى :**



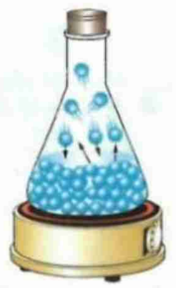
عند بدء عملية التسخين تكون عملية **التبخر** هى السائدة وتكون مصحوبة بزيادة فى **الضغط البخارى للماء**

وهو ضغط بخار الماء الموجود فى الهواء عند درجة حرارة معينة



وتستمر عملية التبخر مع بدء حدوث عملية **التكاثف** حتى يتساوى الضغط البخارى مع **ضغط بخار الماء المشبع**

وهو أقصى ضغط لبخار الماء يمكن أن يتواجد فى الهواء عند درجة حرارة معينة

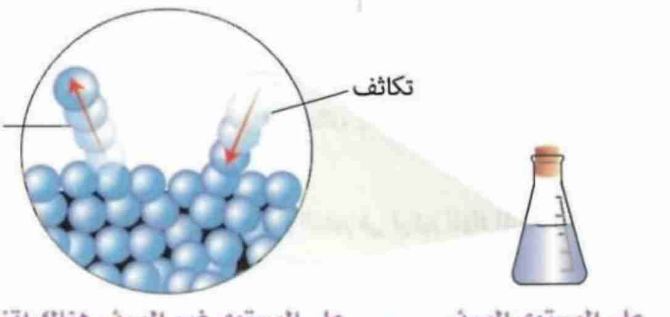


وعند تساوى عدد جزيئات الماء **المتبخرة** مع عدد جزيئات الماء **المتكاثفة**، **تنشأ حالة من الاتزان** يكون فيها معدل عملية التبخر **مساويًا** لمعدل عملية التكاثف

ويمثل ذلك على النحو التالى :

$$H_2O_{(l)} \underset{\text{تكاثف}}{\overset{\text{تبخر}}{\rightleftharpoons}} H_2O_{(v)}$$

- فى ضوء ما سبق يمكن تعريف النظام الساكن على المستوى المرئى و الديناميكى على المستوى غير المرئى **بالنظام المتزن**.



على المستوى المرئى يبدو سطح السائل ساكنًا و على المستوى غير المرئى هناك اتزان ديناميكى بين عمليتى التبخر والتكاثف

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: التعرف على النظام المتزن.

المعادلات الآتية تعبر عن عمليات اتزان كيميائى، عدا ....

ⓐ $2I^-_{(aq)} \rightleftharpoons I_{2(s)}$ ⓑ $3O_{2(g)} \rightleftharpoons 2O_{3(g)}$

ⓙ $I_{2(s)} \rightleftharpoons I_{2(v)}$ ⓓ $2H_2O_{(\ell)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$

فكرة الحل :

∵ عمليات الاتزان الكيميائى يصاحبها تغير فى التركيب الكيميائى للنواتج عن المتفاعلات.

∴ تستبعد الاختيارات ⓐ ، ⓑ ، ⓓ

∵ تحول اليود الصلب إلى أبخرة يود والعكس يمثل تغير فيزيائى [تغير فى حالة المادة المتفاعلة فقط].

∴ معادلة الاختيار ⓙ تعبر عن عملية اتزان فيزيائى.

الحل : الاختيار الصحيح : ⓙ

٢ الاتزان فى الأنظمة الكيميائية

يوجد نوعان من التفاعلات الكيميائية، هما :

أ تفاعلات تامة (غير انعكاسية)

هى تفاعلات تسير فى اتجاه واحد غالبًا (الاتجاه الطردى) حيث يصعب على المواد الناتجة التى تحتوى على غازات أو رواسب أن تتحد مع بعضها لتكوين المواد المتفاعلة فى نفس ظروف إجراء التفاعل

$$A + B \longrightarrow C + D$$

ب تفاعلات انعكاسية

هى تفاعلات تسير فى كل من الاتجاهين (الطردى و العكسى)، حيث تظل المواد المتفاعلة والمواد الناتجة موجودة باستمرار فى حيز التفاعل فى نفس ظروف إجراء التفاعل

$$X + Y \underset{\text{عكسى}}{\overset{\text{طردى}}{\rightleftharpoons}} Z + W$$

أمثلة

التفاعلات التامة:

١ تفاعل الماغنسيوم مع حمض الهيدروكلوريك المخفف لتكوين غاز الهيدروچين.

$$Mg_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \xrightarrow{dil} MgCl_{2(aq)} + H_{2(g)}$$

ماغنسيوم — حمض هيدروكلوريك — كلوريد ماغنسيوم — غاز هيدروچين

٢ تفاعل محلول كلوريد الصوديوم مع محلول نترات الفضة لتكوين راسب أبيض من كلوريد الفضة.

$$NaCl_{(aq)} + AgNO_{3(aq)} \longrightarrow NaNO_{3(aq)} + AgCl_{(s)}\downarrow$$

كلوريد صوديوم — نترات فضة — نترات صوديوم — كلوريد فضة

التفاعلات الانعكاسية:

تفاعل حمض الأسيتيك (حمض الخليك) مع الكحول الإيثيلى لتكوين إستر أسيتات (خلات) الإيثيل وماء

$$CH_3COOH_{(\ell)} + C_2H_5OH_{(\ell)} \underset{\text{عكسى}}{\overset{\text{طردى}}{\rightleftharpoons}} CH_3COOC_2H_{5(aq)} + H_2O_{(\ell)}$$

حمض أسيتيك — كحول إيثيلى — إستر أسيتات الإيثيل — ماء



حمض الأسيتيك يحمر ورقة عباد الشمس الزرقاء

- كان من المتوقع عند اختبار محلول تفاعل حمض الأسيتيك مع الكحول الإيثيلى بورقة عباد شمس زرقاء ألا يتغير لونها على أساس أن المواد الناتجة متعادلة التأثير، إلا أن لون ورقة عباد الشمس يتحول إلى اللون الأحمر، وهو ما يعنى حموضة خليط التفاعل.

- ويفسر ذلك بأن تفاعل حمض الأسيتيك مع الكحول الإيثيلى ليس من التفاعلات التامة ولكنه من التفاعلات الانعكاسية التى تسير فى كل من الاتجاهين :

* التفاعل الطردى :

$$CH_3COOH_{(l)} + C_2H_5OH_{(l)} \longrightarrow CH_3COOC_2H_{5(aq)} + H_2O_{(l)}$$

* التفاعل العكسى :

$$CH_3COOC_2H_{5(aq)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow CH_3COOH_{(aq)} + C_2H_5OH_{(aq)}$$

- وبالتالى فإن كل من المواد المتفاعلة (ومنها حمض الخليك) والمواد الناتجة تظل باستمرار فى حيز التفاعل، وهو ما يفسر حموضة خليط التفاعل.

- فى ضوء ما سبق يمكن استنتاج أن :

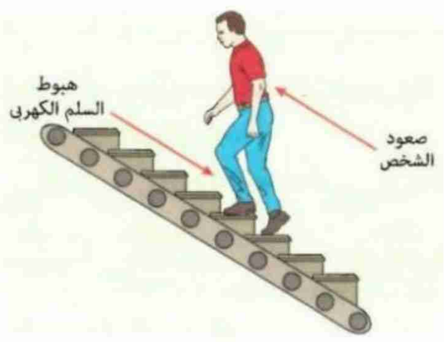
الاتزان الكيميائى فى التفاعلات الانعكاسية هو نظام ديناميكى يحدث عند تساوى معدل التفاعل الطردى مع معدل التفاعل العكسى وثبات تركيز المتفاعلات والنواتج، ويظل الاتزان قائمًا طالما كانت جميع المواد المتفاعلة والمواد الناتجة موجودة فى حيز التفاعل، ومادامت ظروف التفاعل ثابتة.

ملحوظات

* وصول التفاعل إلى حالة الاتزان **قد يكون بطيئًا أو سريعًا**.

* الوصول إلى حالة الاتزان **لا يعنى** توقف التفاعل **ولكن استمراره فى كل من الاتجاهين** الطردى والعكسى **بنفس السرعة**.

* خروج أحد المتفاعلات أو النواتج من حيز التفاعل **يعنى توقف التفاعل** (تفاعل تام).



يظل الشخص فى موضعه (حالة الاتزان) عند تساوى سرعة صعوده مع سرعة هبوط السلم الكهربى

مثال

اذكر نوع كل من التفاعلات الآتية (تام أم انعكاسى)، مع بيان السبب :

(1) $2AgNO_{3(aq)} + BaCl_{2(aq)} = 2AgCl_{(s)} + Ba(NO_3)_{2(aq)}$

(2) $FeCl_{3(aq)} + 3NH_4SCN_{(aq)} = 3NH_4Cl_{(aq)} + Fe(SCN)_{3(aq)}$

(3) $2Cu(NO_3)_{2(s)} = 2CuO_{(s)} + 4NO_{2(g)} + O_{2(g)}$

(4) $CO_{(g)} + H_2O_{(v)} = CO_{2(g)} + H_{2(g)}$ (فى إناء مغلق)

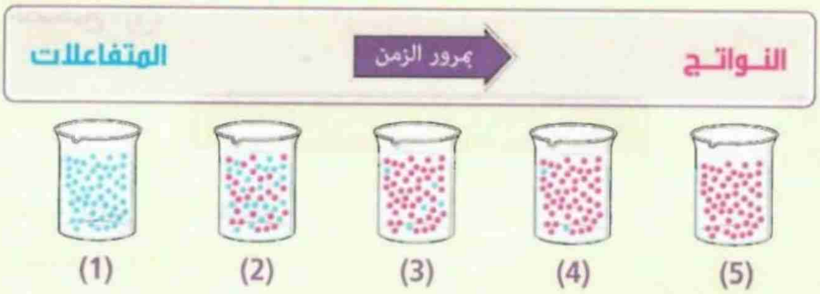
الحل

* التفاعلات التامة : (1) ، (3) / لأنه يصعب على المواد الناتجة التى تحتوى على راسب أو غاز أن تتحد مع بعضها لتكوين المواد المتفاعلة فى نفس ظروف إجراء التفاعل.
* التفاعلات الانعكاسية :
  - (2) / لوجود النواتج والمتفاعلات باستمرار فى حيز التفاعل فى صورة محاليل بالإضافة إلى إمكانية تفاعل النواتج معًا لتكوين المتفاعلات فى نفس ظروف إجراء التفاعل.
  - (4) / لعدم خروج النواتج الغازية من حيز التفاعل (الإناء مغلق)، وبالتالى إمكانية تفاعلها معًا لتكوين المتفاعلات فى نفس ظروف إجراء التفاعل.

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: المقارنة بين التفاعلات التامة والتفاعلات غير التامة.

1 الأشكال التالية تمثل تتابع حدوث أحد التفاعلات الكيميائية :



أى مما يلى يدل على التفاعل المُعبر عنه بالأشكال السابقة ؟

ⓐ التفاعل الحادث من التفاعلات الانعكاسية.
ⓑ الحالة (3) تمثل وصول التفاعل إلى حالة الاتزان.
ⓒ الحالة (4) تمثل تساوى معدل التفاعل الطردى مع معدل التفاعل العكسى.
ⓓ يستدل من الحالتين (1) ، (5) على أن التفاعل تام.

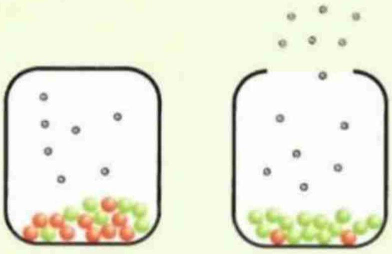
فكرة الحل :

∵ تركيز المتفاعلات يكون 100% فى بداية التفاعل (الحالة (1)) ويصبح 0% فى نهاية التفاعل (الحالة (5)).

∴ التفاعل الكيميائى الحادث من النوع التام.

الحل : الاختيار الصحيح : ⓓ

٢ الشكلان المقابلان : يوضحـان تفاعـل كيميـائى واحد يتم فى ظرفين مختلفين. أى ممـا يلى يـدل على معـادلـة التفاعل الكيميائى الحادث فى الإناءين (1) ، (2) ؟



الاختيارات	الإناء (1)	الإناء (2)
Ⓐ أ	$2N_2O_{5(g)} \longrightarrow 4NO_{2(g)} + O_{2(g)}$	$2N_2O_{5(g)} \rightleftharpoons 4NO_{2(g)} + O_{2(g)}$
ب	$CaCO_{3(s)} \rightleftharpoons CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$	$CaCO_{3(s)} \longrightarrow CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$
ج	$2N_2O_{5(g)} \rightleftharpoons 4NO_{2(g)} + O_{2(g)}$	$2N_2O_{5(g)} \longrightarrow 4NO_{2(g)} + O_{2(g)}$
د	$CaCO_{3(s)} \longrightarrow CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$	$CaCO_{3(s)} \rightleftharpoons CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$

فكرة الحـل :

∵ الإناء (1) مفتوح.

∴ التفاعـل الحادث فيه من التفاعلات التامة لأنه يكون مصحوبًا بخروج ناتج غازى مع بقاء الناتج الآخر فى الإناء فى صورة صلبة.

وعليه يستبعد الاختيارين ب ، ج

∵ التفاعل الانعكاسى الحادث فى الإناء (2) ينتج عنه ناتج غازى والناتج الآخر يكون فى صورة صلبة.

∴ يستبعد الاختيار أ

الحـل : الاختيار الصحيح : د

معدل التفاعل الكيميائى

شاهد الفيديو

◂ **هو** مقدار التغير فى كمية (تركيز) المواد المتفاعلة أو المواد الناتجة من التفاعل فى وحدة الزمن.

وحدة قياس تركيز المادة هى mol/L

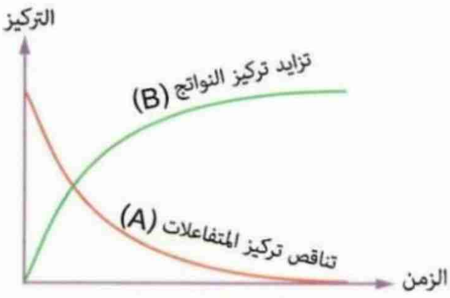
◂ **حيث تقدر :**

- كمية المادة بوحدات (mol أو g أو L).
- الزمن بوحدات (s أو min أو h).

◂ **ويلاحظ أنه عند حدوث :**

التفاعل التـام A ⟶ B

◂ **يـزداد** تركيز المواد الناتجة من التفاعل فى نفس الوقت الذى **يقـل** فيـه تركيـز المـواد المتفاعلـة إلـى أن **تسـتهلك تقريبًا**، **ويعبر عن ذلك بالشكل البيانى المقابل :**



العلاقة البيانية (تركيز - زمن) لمعدل التفاعل التام

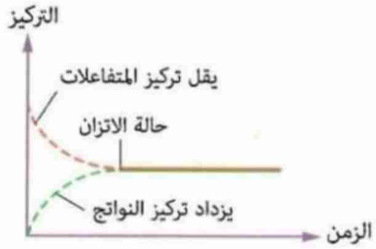
التفاعل الانعكاسى $X \rightleftharpoons Y$

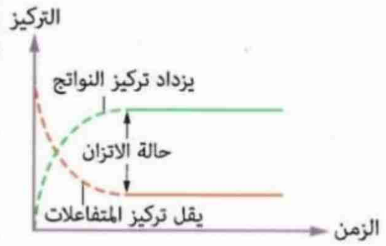
◂ **يزداد** تركيز المواد الناتجة من التفاعل، فى نفس الوقت الذى **يقل** فيه تركيز المواد المتفاعلة إلى أن **يصلا إلى حالة الاتزان**، والتى تتحقق عند :

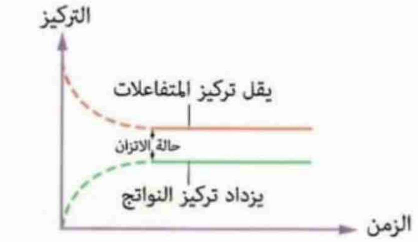
١ ثبات تركيز كل من المتفاعلات والنواتج، وقد يكون :

تركيز النواتج = تركيز المتفاعلات	تركيز النواتج < تركيز المتفاعلات	تركيز النواتج > تركيز المتفاعلات

• **ويعبر عنه بيانيًا بالعلاقة (تركيز - زمن) كالتالى :** •

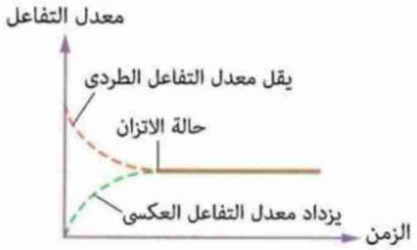






٢ ثبات معدل التفاعل الطردى مع معدل التفاعل العكسى

ويعبر عنه بيانيًا بالعلاقة (معدل التفاعل – زمن) كما بالشكل المقابل :



يتم التعبير عن تركيز المواد المتفاعلة والناتجة بوضع رموزها أو صيغها الكيميائية داخل قوسين [ ]

◂ **عند حساب** معدل التفاعل الكيميائى **بمعلومية** التغير فى تركيز المتفاعلات أو النواتج **للتفاعل المفترض التالى :**

$$aA + bB \longrightarrow cC + dD$$

◂ فإن : **معدل التفاعل الكيميائى** $= \dfrac{\text{التغير فى تركيز المادة}}{\text{التغير فى الزمن}}$

معدل التفاعل الكيميائى $= -\dfrac{1}{a}\dfrac{\Delta[A]}{dt} = -\dfrac{1}{b}\dfrac{\Delta[B]}{dt} = \dfrac{1}{c}\dfrac{\Delta[C]}{dt} = \dfrac{1}{d}\dfrac{\Delta[D]}{dt}$

حيث : • $\Delta[\ \ ]$: تعنى التغير فى تركيز المادة.

• **dt** : تعنى التغير فى الزمن.

• **الإشارة السالبة (–)** : تعنى استهلاك المتفاعلات.

مثال ١

فى التفاعل : $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \longrightarrow 2NH_{3(g)}$

احسب معدل استهلاك غاز H_2 إذا كان معدل تكوين غاز NH_3 يساوى 2.5×10^{-4} mol/L.s

الحل

معدل التفاعل الكيميائى = $\frac{1}{2}\frac{\Delta[NH_3]}{dt} = -\frac{1}{3}\frac{\Delta[H_2]}{dt}$

∵ معدل تكوين غاز NH_3 مقدَّر فى الثانية الواحدة.

∴ $1 = dt$

$\frac{1}{2} \times 2.5 \times 10^{-4} = -\frac{1}{3}\Delta[H_2]$

∴ معدل استهلاك غاز H_2 فى الثانية = $\Delta[H_2] = -\frac{3}{2} \times 2.5 \times 10^{-4}$

$= -3.75 \times 10^{-4}$ mol/L.s

مثال ٢

تفاعل 0.24 g من الماغنسيوم مع حمض HCl فى زمن قدره 14 s، تبعًا للتفاعل :

$Mg_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow MgCl_{2(aq)} + H_{2(g)}$

احسب معدل هذا التفاعل بوحدة mol/s [Mg = 24]

الحل

عدد مولات Mg = $\frac{\text{كتلة المادة (g)}}{\text{الكتلة المولية من المادة (g/mol)}} = \frac{0.24}{24} = 0.01$ mol

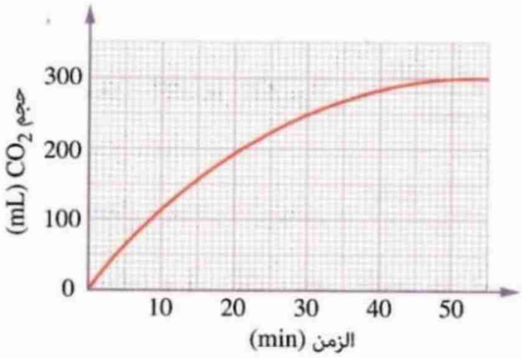
معدل التفاعل = $\frac{\text{عدد المولات المتفاعلة (mol)}}{\text{الزمن (s)}} = \frac{0.01}{14} =$ **7.14×10^{-4} mol/s**

مثال ٣

الشكل البيانى المقابل يعبر عن حجم غاز ثانى أكسيد الكربون الناتج من تفاعل تسخين قطع من كربونات الكالسيوم :

(١) ما زمن انتهاء هذا التفاعل ؟

(٢) احسب معدل التفاعل الحادث بوحدة L/min



الحل

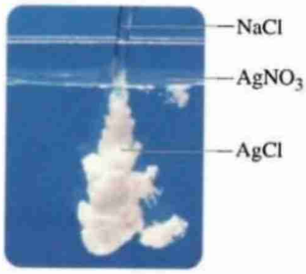
(١) **50 min**

(٢) حجم غاز CO_2 (L) = $\frac{300}{1000} = 0.3$ L

معدل التفاعل = $\frac{\text{حجم غاز } CO_2 \text{ الناتج (L)}}{\text{زمن التفاعل (min)}} = \frac{0.3}{50} =$ **0.006 L/min**

وتصنف التفاعلات الكيميائية تبعًا لمعدل حدوثها إلى :

أ تفاعلات لحظية	ب تفاعلات بطيئة نسبيًا	ج تفاعلات بطيئة جدًا
تتم فى وقت قصير جدًا. بمجرد تلامس (خلط) المتفاعلات	تتم فى وقت قصير نسبيًا	تستغرق عدة أيام أو شهور
مثال		
تفاعل محلول نترات الفضة مع محلول كلوريد الصوديوم لتكوين راسب أبيض من كلوريد الفضة	تفاعل الزيت مع محلول هيدروكسيد الصوديوم (الصودا الكاوية) لتكوين صابون وجليسرين	تفاعلات تكوين صدأ الحديد سوف يرد الحديث عن تفاعلات صدأ الحديد فى الباب الرابع







العوامل المؤثرة فى معدل (سرعة) التفاعلات الكيميائية

يوضح المخطط الآتى بعض العوامل المؤثرة فى معدل التفاعل الكيميائى (التام والانعكاسى)

عوامل مؤثرة فى معدل التفاعل الكيميائى

1. طبيعة المواد المتفاعلة
2. تركيز المواد المتفاعلة
3. درجة الحرارة
4. العوامل الحفازة
5. الضــــوء

بالإضافة إلى تأثير عامل آخر وهو الضغط فى تفاعلات الأنظمة الغازية.

١ تأثير طبيعة المواد المتفاعلة على معدل التفاعل الكيميائى

يقصد بطبيعة المواد المتفاعلة

- أ نوع الترابط فى المواد المتفاعلة
- ب مساحة سطح المادة المتفاعلة المعرض للتفاعل

أ نوع الترابط فى المواد المتفاعلة

- **يؤثر نوع الترابط (أيونى أو تساهمى) فى جزيئات المواد المتفاعلة على سرعة التفاعل الكيميائى،** كما يتضح فيما يلى :

المركبات الأيونية	المركبات التساهمية
معدل تفاعلها يكون سريع جدًا (لحظى)، **لأنها** تكون فى صورة أيونات تتفاعل بمجرد خلطها	معدل تفاعلها يكون بطىء عادةً، **لأنها** تكون فى صورة جزيئات
مثال	
تفاعل محلول كلوريد الصوديوم مع محلول نترات الفضة	تفاعل المركبات العضوية مع بعضها

ب مساحة سطح المادة المتفاعلة المعرض للتفاعل

- **تلعب** درجة تجزئة المادة **دورًا هامًا** فى تغيير **معدل التفاعل الكيميائى**، كما يتضح من التجربة التالية :

تجربة تأثير مساحة سطح المتفاعلات على معدل التفاعل الكيميائى

شاهد الفيديو

الخطوات

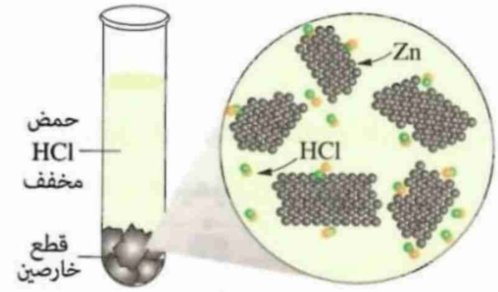
1. ضع كتلتين متساويتين من الخارصين إحداهما على هيئة قطع والأخرى على هيئة مسحوق فى أنبوبتى اختبار.
2. أضف إلى كل منهما حجمًا متساويًا من حمض الهيدروكلوريك المخفف.

المشاهدة

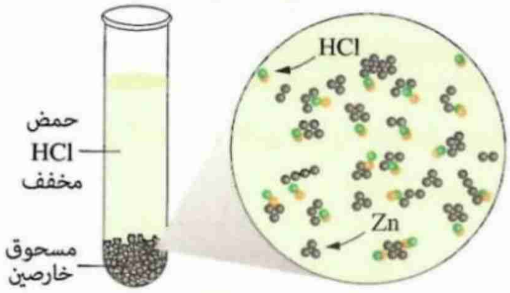
- التفاعل فى حالة المسحوق ينتهى فى زمن أقل من التفاعل فى حالة القطع.

الاستنتاج

- كلما ازدادت مساحة أسطح المواد المتفاعلة المعرضة للتفاعل، كلما ازداد معدل التفاعل.



مساحة سطح قطع الخارصين أقل

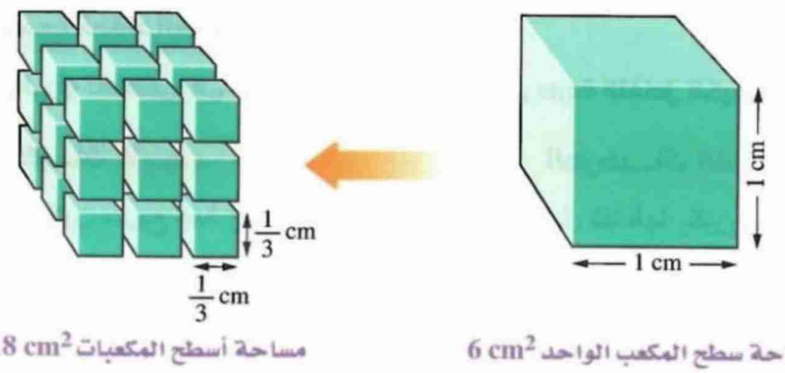


مساحة سطح مسحوق الخارصين أكبر

ملحوظة

معدل تفاعل حمض HCl المخفف مع مسحوق الخارصين أسرع من معدل تفاعله مع قطعة الخارصين التى لها نفس الكتلة.

لأن مساحة سطح مسحوق الخارصين أكبر من مساحة سطح قطعة الخارصين المساوية له فى الكتلة، وكلما ازدادت مساحة سطح المادة المعرضة للتفاعل ازداد معدل التفاعل.

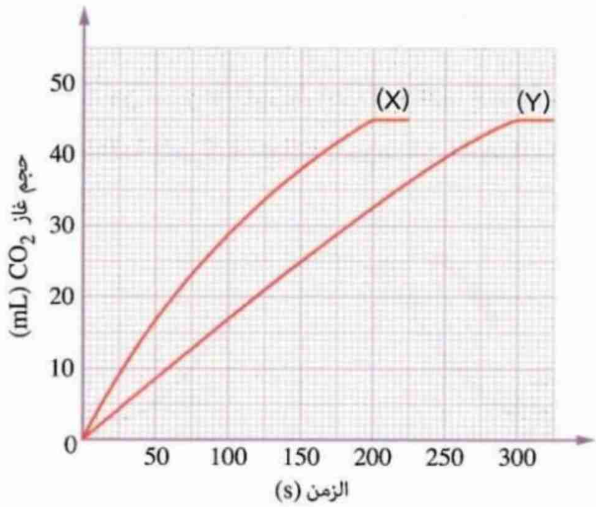


مساحة سطح المكعب الواحد $6\ cm^2$ — مساحة أسطح المكعبات $18\ cm^2$

تجزئة المادة تعمل على زيادة مساحة سطحها

مثـال

الشكل البيانى المقابل يعبر عن حجم غاز ثانى أكسيد الكربون الناتج من تجربتين لتفاعل كتلتين متساويتين من كربونات الكالسيوم مع حمض الهيدروكلوريك إحداهما على هيئة قطع متوسطة الحجم والأخرى على هيئة قطع صغيرة الحجم (بدون ترتيب) :



(١) أى المنحنيين (X) ، (Y) يمثل تفاعل القطع صغيرة الحجم مع الحمض ؟ مع التفسير.

(٢) ما الزمن المستغرق فى استهلاك كل قطع كربونات الكالسيوم متوسطة الحجم ؟

(٣) ارسم على نفس الشكل البيانى منحنى ثالث (Z) يعبر عن تفاعل نفس الكتلة من كربونات الكالسيوم – فى صورة مسحوق – مع نفس الحمض.

الحـل

(١) المنحنى (X) / لأنه يعبر عن الحصول على نفس كمية الغاز (45 mL) فى زمن أقل (200 s)، نتيجة لزيادة مساحة السطح المعرض للتفاعل.

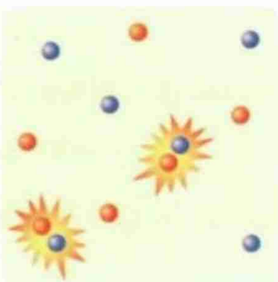
(٢) 300 s

(٣) أجب بنفسك.

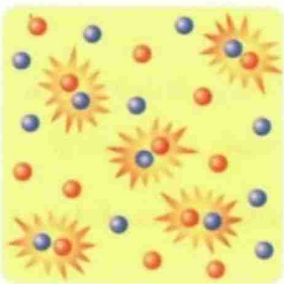
٢ تأثير تركيز المواد المتفاعلة على معدل التفاعل الكيميائى

◂ يزداد معدل التفاعل الكيميائى بزيادة تركيز المواد المتفاعلة، **لأن** بزيادة عدد الجزيئات المتفاعلة يزداد عدد التصادمات المحتملة (الفعالة) بينها فيزداد معدل التفاعل الكيميائى.

شاهد الفيديو



تركيز المتفاعلات أقل
(تفاعل بطىء)

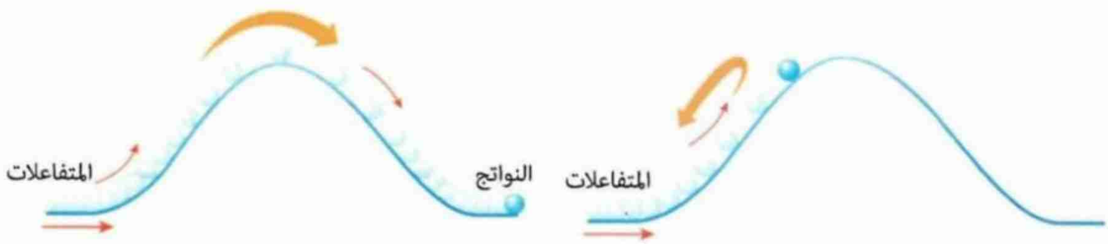


تركيز المتفاعلات أكبر
(تفاعل سريع)

٣ تأثير درجة الحرارة على معدل التفاعل الكيميائى

من شروط حدوث التفاعل تبعًا لنظرية التصادم :

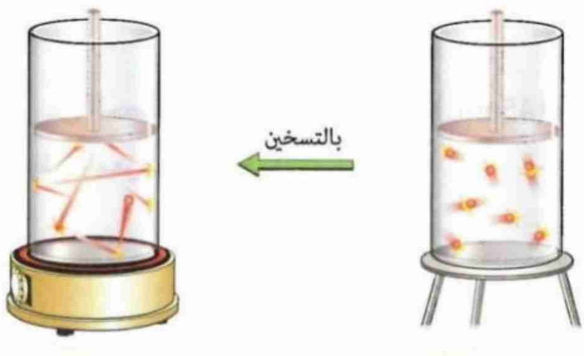
- حدوث تصادم بين جزيئات المواد المتفاعلة.
- أن تكون سرعة الجزيئات المتصادمة عالية جدًا أى تمتلك حد أدنى من الطاقة يعرف **بطاقة التنشيط**، **لأن** طاقة الحركة العالية للجزيئات المتصادمة تمكنها من كسر الروابط بينها، فيحدث التفاعل الكيميائى.



شكل تمثيلى يوضح أن طاقة حركة الجزيئات المتفاعلة

تساوى أو أكبر من طاقة التنشيط **لذا يحدث** تفاعل كيميائى	أقل من طاقة التنشيط **لذا لا يحدث** تفاعل كيميائى

وفى ضوء نظرية التصادم، يتضح أن رفع درجة الحرارة يؤدى إلى :



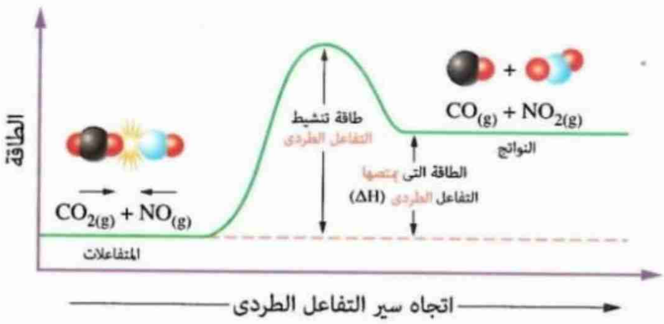
يزداد عدد التصادمات بين جزيئات المتفاعلات بزيادة درجة الحرارة

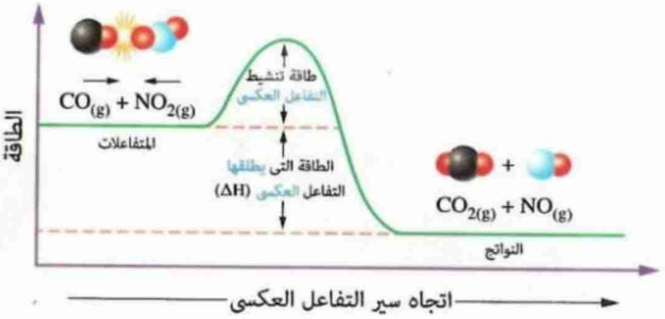
- **زيادة** طاقة حركة الجزيئات **وبالتالى زيادة** نسبة الجزيئات التى تمتلك طاقة حركة تساوى طاقة التنشيط أو تفوقها والتى تعرف **بالجزيئات المنشطة**.
- **زيادة** معدل التصادمات المحتملة (الفعالة) بين الجزيئات المنشطة، **وبالتالى زيادة** سرعة التفاعل الكيميائى.

وقد وجد أن كثيرًا من التفاعلات الكيميائية تتضاعف سرعتها - تقريبًا - كلما ارتفعت درجة حرارتها بمقدار $10^\circ C$

◄ العلاقة بين طاقة تنشـيط التفاعل الطردى وطاقة تنشيط التفاعل العكسى للتفاعل الانعكاسى الواحد :

$$CO_{2(g)} + NO_{(g)} \rightleftharpoons CO_{(g)} + NO_{2(g)}$$





الشـكلين السـابقين يوضحـان مخططـى الطاقـة للمسـار الطردى والمسـار العكسـى لتفاعل انعكاسـى واحد ومنهما يتضح أن :

طاقة تنشيط التفاعل العكسى = طاقة تنشيط التفاعل الطردى – ΔH للتفاعل

◄ طاقة تنشيط التفاعل تتناسب عكسيًا مع معدل التفاعل الكيميائى.

٤ تأثير العوامل الحفازة على معدل التفاعل الكيميائى

◄ مـن المعلـوم أن التفاعـلات البطيئة تحتاج إلى تسـخين لكى تسـير بمعدل أسـرع وعند إحداث هـذه التفاعلات فـى الصناعـة، تكـون تكلفـة الطاقـة اللازمة للتسـخين عاليـة جدًا، وهو مـا يؤدى إلـى رفع أسـعار المنتجات، وهنا يبرز دور الكيمياء فى الصناعة فى البحث عن أفضل السبل لزيادة الإنتاج وتحسينه بأقل التكاليف.

◄ وقد وجد أن معظم التفاعلات البطيئة يمكن إسراعها، باسـتعمال مـواد تزيد من معدلهـا دون الحاجة إلى زيـادة درجة الحـرارة، تعرف باسـم العوامل الحفازة وهى مواد يلزم منها القليل لتغيير معدل التفاعل الكيميائى، دون أن تتغير أو تغير من موضع الاتزان.

ملحوظة

العامل الحفاز :
- يقلل من طاقة تنشيط التفاعل (E_a).
- لا يؤثر فى قيمة إنثالبى التفاعل (ΔH).

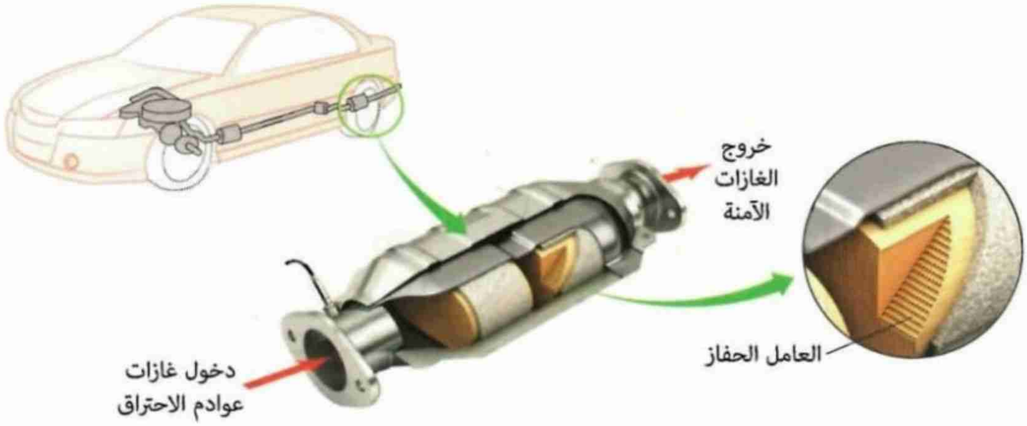
◄ وقد تكون العوامل الحفازة فى صورة :
- عناصر فلزية.
- أكاسيد أو مركبات لعناصر فلزية.

- **استخدامات العوامل الحفازة :**

١ تستخدم فى أكثر من 90% من العمليات الصناعية، مثل صناعة الأسمدة والبتروكيماويات والأغذية.

٢ تعمل الإنزيمات كعوامل حفازة للعديد من العمليات البيولوچية والصناعية،
وهى عبارة عن جزيئات من البروتين تتكون فى الخلايا الحية.

٣ تستخدم فى المحولات الحفزية الموجودة بشكمانات السيارات، لتحويل الغازات الملوثة للجو – الناتجة من احتراق الوقود – إلى نواتج آمنة.



المحول الحفزى
«الشكل للإيضاح فقط»

٥ تأثير الضوء على معدل التفاعل الكيميائى

- **تتأثر بعض العمليات الكيميائية بالضوء، ومن أمثلتها :**

عملية البناء الضوئى

حيث تقوم **مادة الكلوروفيل** الموجودة فى الأجزاء الخضراء للنباتات بامتصاص الضوء وتكوين الكربوهيدرات فى وجود غاز ثانى أكسيد الكربون و الماء.

عملية التصوير الضوئى

تحتوى أفلام التصوير على بروميد الفضة AgBr – فى مادة چيلاتينية – وعند سقوط الضوء على الفيلم، **فإن :**

- **أيون البروميد يفقد** إلكترون **(يتأكسد)** متحولاً إلى بروم متعادل **يُمتص** فى الطبقة الچيلاتينية.
- **أيون الفضة الموجب يكتسب** الإلكترون المفقود من أيون البروميد **(يُختزل)**، متحولاً إلى ذرات فضة **تترسب** على الفيلم.

$$Ag^{+}_{(aq)} + e^{-} \longrightarrow Ag^{0}_{(s)}$$

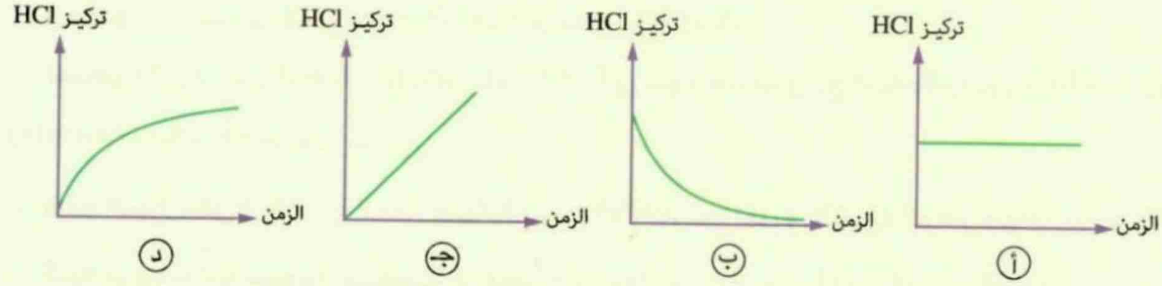
وكلما **زادت** شدة الضوء الساقط على الفيلم كلما **ازدادت** كمية الفضة المتكونة عليه.

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: استنتاج العوامل التى تؤثر فى معدل التفاعل الكيميائى.

١ فى التفاعل : $Zn_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow ZnCl_{2(aq)} + H_{2(g)}$

أى الأشكال البيانية الآتية يعبر عن التغير الحادث فى تركيز حمض HCl بمرور الزمن ؟



فكرة الحل :

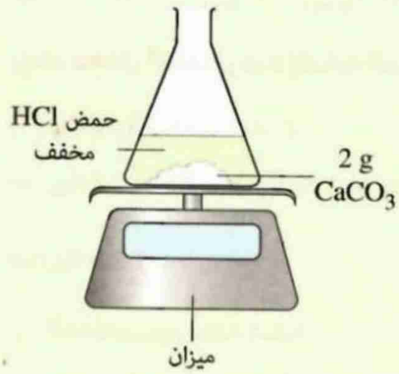
∵ التفاعل الحادث من التفاعلات التامة.

∴ تركيز الحمض يقل بمرور الزمن حتى يستهلك تمامًا - تقريبًا - فى نهاية التفاعل.

الحل : الاختيار الصحيح : ب

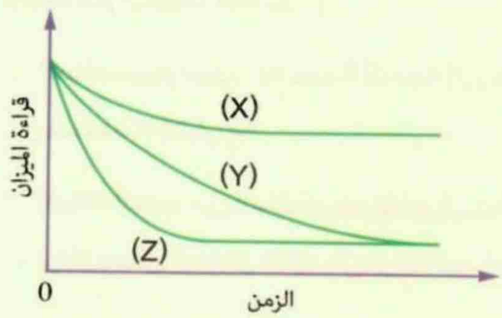
---

٢ أجريت ثلاث تجارب مختلفة باستخدام ميزان كالموضح بالشكل المقابل لقياس معدل تفاعل 2 g من كربونات الكالسيوم مع حمض الهيدروكلوريك المخفف :



التجربة	طبيعة $CaCO_3$	كمية HCl
الأولى	مسحوق	كمية وفيرة
الثانية	قطعة	كمية وفيرة
الثالثة	قطعة	كمية محدودة

ومُثلت نتائج التجارب الثلاثة بالشكل البيانى المقابل :



أى مما يلى يعبر عن أحد هذه التجارب ؟

أ) المنحنى (X) يعبر عن التجربة الأولى.

ب) المنحنى (Y) يعبر عن التجربة الأولى.

جـ) المنحنى (Y) يعبر عن التجربة الثانية.

د) المنحنى (Z) يعبر عن التجربة الثالثة.

فكرة الحل :

∵ تفاعل كربونات الكالسيوم مع حمض HCl المخفف يكون مصحوبًا بتصاعد غاز CO_2 :

$$CaCO_{3(s)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow CaCl_{2(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$$

∴ قراءة الميزان سوف تقل بمرور الزمن، ثم تثبت عند انتهاء التفاعل.

∵ المنحنى (Z) يعبر عن أسرع تجربة، لأن التفاعل ينتهى فى أقل وقت.

∴ المنحنى (Z) يعبر عن التجربة الأولى (تفاعل $CaCO_3$ فى صورة مسحوق مع كمية وفيرة من HCl المخفف).

وعليه يتم استبعاد الاختيارين (أ) ، (د)

∵ قراءة الميزان تقل فى التجربة المعبر عنها بالمنحنى (Y) أكثر مما تقل فى التجربة المعبر عنها بالمنحنى (X) .

∴ كمية كربونات الكالسيوم المستهلكة فى التجربة الثانية أكثر من المستهلكة فى التجربة الثالثة، لوجود كمية وفيرة من حمض HCl المخفف فى التجربة الثانية.

وعليه فإن المنحنى (Y) يُعبر عن التجربة الثانية.

الحل : الاختيار الصحيح : (ج)

---

٣ فى التفاعل : $Mg_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow MgCl_{2(aq)} + H_{2(g)}$

يزداد معدل التفاعل عند إضافة المزيد من الماغنسيوم إلى الحمض، بسبب ....

(أ) زيادة تركيز المتفاعلات.
(ب) قيام الماغنسيوم بدور العامل المؤكسد.
(ج) زيادة مساحة سطح الماغنسيوم المعرض للتفاعل.
(د) تغير طبيعة المتفاعلات.

فكرة الحل :

∵ الماغنسيوم مادة صلبة.

∴ تركيزها لا يزداد بزيادة كميتها.

وعليه يتم استبعاد الاختيار (أ)

∵ الماغنسيوم تحدث له عملية أكسدة [أى يقوم بدور العامل المختزل].

∴ يستبعد الاختيار (ب)

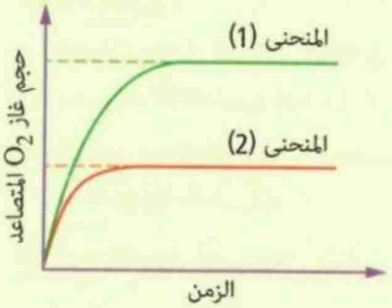
∵ إضافة المزيد من الماغنسيوم تؤدى إلى زيادة مساحة سطحه المعرض للتفاعل.

∴ يزداد معدل التفاعل الكيميائى بزيادة مساحة سطح الماغنسيوم.

الحل : الاختيار الصحيح : (ج)

❹ المنحنى (1) بالشكل البيانى المقابل : يوضح حجم غاز الأكسچين الناتج من انحلال 20 mL من محلول فوق أكسـيد الهيدروچين تركيزه 4 M بمرور الوقت.

ما حجم وتركيز نفس المحلول المعبر عنه بالمنحنى (2) ؟



الاختيارات	الحجم	التركيز
Ⓐ	20 mL	2 M
Ⓑ	10 mL	8 M
Ⓒ	5 mL	2 M
Ⓓ	10 mL	4 M

فكرة الحـل :

∵ حجم الأكسچين المتصاعد فى التجربة المعبر عنها بالمنحنى (2) نصف حجمه المتصاعد فى التجربة المعبر عنها بالمنحنى (1).

∴ تركيز محلول المنحنى (2) أقل من تركيز محلول المنحنى (1).

وعليه يستبعد الاختيارين Ⓑ ، Ⓓ

∵ عدد مولات محلول المنحنى (1) $= 0.02 \times 4 = 0.08 \text{ mol}$

عدد مولات محلول المنحنى (2) نصف عدد مولات محلول المنحنى (1).

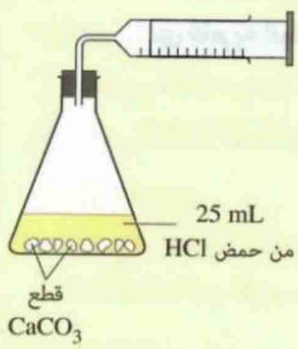
∴ عدد مولات محلول المنحنى (2) $= 0.08 \times \frac{1}{2} = 0.04 \text{ mol}$

حجم محلول المنحنى (2) $= \frac{0.04}{2} = 0.02 \text{ L} = 20 \text{ mL}$

الحـل : الاختيار الصحيح : Ⓐ

---

❺ ما المؤثرات التى تؤدى إلى خفض معدل التفاعل الكيميائى الموضح بالشكل المقابل ؟



الاختيارات	درجة حرارة الحمض	تركيز الحمض	مساحة سطح القطع
Ⓐ	خفض	خفض	زيادة
Ⓑ	خفض	خفض	تقليل
Ⓒ	زيادة	خفض	تقليل
Ⓓ	زيادة	زيادة	زيادة

فكرة الحل :

∵ خفض معدل التفاعل الحادث يتطلب خفض درجة الحرارة.

∴ يستبعد الاختيارين (ج) ، (د)

∵ خفض معدل التفاعل الحادث يتطلب تقليل مساحة سطح القطع المتفاعلة.

∴ يستبعد الاختيار (أ)

الحل : الاختيار الصحيح : (ب)

---

(٦) يتفاعل حمض الأسيتيك مع كربونات الكالسيوم ببطء، وعند رفع درجة الحرارة يزداد معدل التفاعل. ما التفسير العلمى لهذه الملاحظة ؟

الاختيارات	انخفاض طاقة تنشيط التفاعل	ازدياد معدل التصادمات بين الجزيئات المتفاعلة	انخفاض عدد التصادمات الفعالة للجزيئات المتفاعلة
(أ)	✓	✓	✗
(ب)	✓	✗	✗
(ج)	✗	✓	✗
(د)	✗	✓	✓

فكرة الحل :

∵ طاقة تنشيط التفاعل تنخفض بواسطة عامل حفاز، وهذا التفاعل غير محفز.

∴ يستبعد الاختيارين (أ) ، (ب)

∵ معدل التفاعل الكيميائى يزداد بارتفاع درجة الحرارة لزيادة عدد التصادمات الفعالة بين الجزيئات المتفاعلة.

∴ يستبعد الاختيار (د)

الحل : الاختيار الصحيح : (ج)

---

(٧) يحترق غاز الميثان ببطء فى الهواء الجوى عند درجة حرارة الغرفة، أما عند وضع قطعة من البلاتين فى وعاء التفاعل المحتوى على خليط من الميثان والهواء الجوى، فإن الميثان يحترق لحظيًا.

ما الدور الذى قام به البلاتين فى هذا التفاعل ؟

(أ) خفض طاقة تنشيط التفاعل.

(ب) زيادة قيمة ΔH للتفاعل.

(ج) تحرير الطاقة المختزنة فى المتفاعلات.

(د) خفض معدل التفاعل الكيميائى.

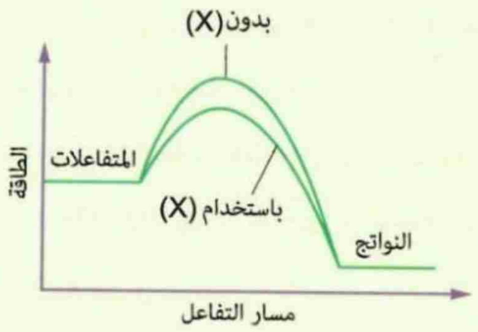
فكرة الحل :

∵ وضع قطعة من البلاتين فى وعاء التفاعل يزيد من معدل التفاعل الحادث.

∴ قطعة البلاتين تقوم بدور العامل الحفاز الذى يقلل من طاقة تنشيط التفاعل الكيميائى.

الحل : الاختيار الصحيح : (أ)

٨ مخطط الطاقة المقابل : يوضح أثر إضافة المادة (X) على مسار التفاعل.
ما التغير الحادث عند إضافة المادة (X) إلى خليط التفاعل ؟



Ⓐ تنقص قيمة ΔH للتفاعل.

Ⓑ تزداد قيمة ΔH للتفاعل.

Ⓒ تنقص سرعة التفاعل.

Ⓓ تزداد سرعة التفاعل.

فكرة الحل :

∵ العامل الحفاز يعمل على خفض طاقة التنشيط اللازمة لبدء التفاعل.

∴ المادة (X) تمثل العامل الحفاز الذى يقوم بزيادة سرعة التفاعل الحادث.

الحل : الاختيار الصحيح : (د)

---

٩ يتفاعل غاز أول أكسيد الكربون مع غاز أكسيد النيتريك لتكوين غاز ثانى أكسيد الكربون وغاز النيتروچين، تبعًا للتفاعل :

$$2CO_{(g)} + 2NO_{(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)} + N_{2(g)}$$

أى مما يأتى يعبر عن نوع التفاعل السابق و مكان حدوثه ؟

الاختيارات	نوع التفاعل الحادث	مكان حدوثه
(أ)	تعادل	الفرن العالى
(ب)	أكسدة واختزال	المحول الحفزى
(ج)	تعادل	المحول الحفزى
(د)	أكسدة واختزال	الفرن العالى

فكرة الحل :

∵ تفاعل التعادل هو تفاعل حمض وقلوى لتكوين ملح وماء.

∴ يستبعد الاختيارين (أ) ، (ج)

∵ التفاعل الحادث لا يتم فى الفرن العالى.

∴ تفاعل الأكسدة والاختزال الحادث يتم فى المحول الحفزى.

الحل : الاختيار الصحيح : (ب)

١٠ ماذا يحدث عند سقوط الضوء على فيلم التصوير الفوتوغرافى ؟

ⓐ تختزل أيونات البروميد إلى جزيئات البروم.

ⓑ تنتقل الإلكترونات من أيونات البروميد إلى أيونات الفضة.

ⓒ تتأكسد أيونات الفضة إلى ذرات الفضة.

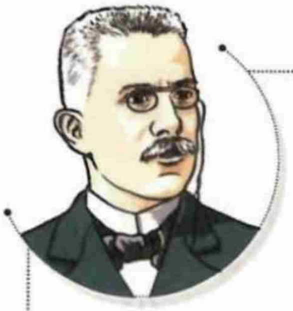
ⓓ تنتقل الإلكترونات من أيونات الفضة إلى أيونات البروميد.

فكرة الحل :

عند سقوط الضوء على فيلم التصوير تكتسب أيونات الفضة الموجبة الإلكترونات التى تفقدها أيونات البروميد، متحولة إلى ذرات فضة تترسب على الفيلم.

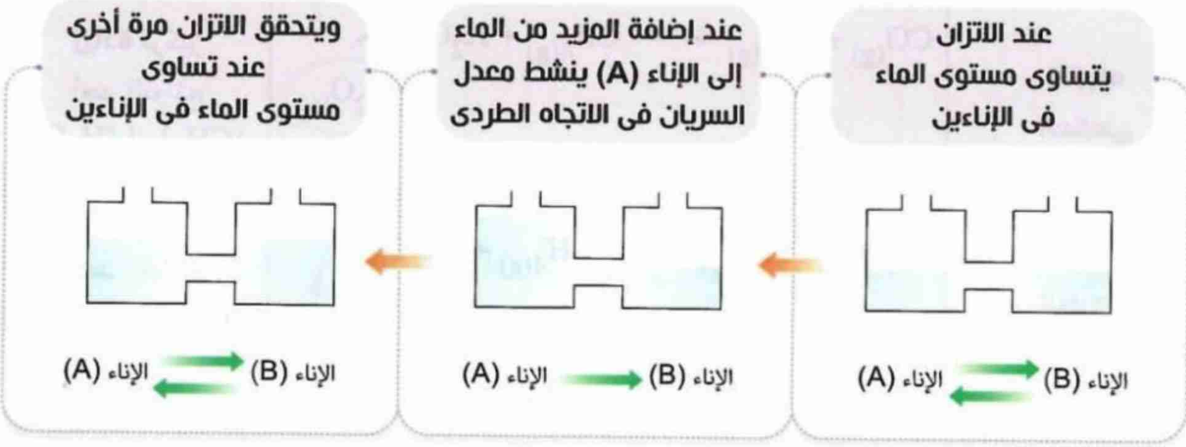
الحل : الاختيار الصحيح : ⓑ

قاعدة لوشاتيليه



Le Chatelier

- وضع العالم الفرنسى **لوشاتيليه** قاعدة تعرف باسمه تحدد تأثيـر العوامل الخارجية المختلفة مـن تركيز ودرجة حرارة وضغط على الأنظمة المتزنة.
- وهى تنص على إنه عند حدوث تغير فى أحد العوامل المؤثرة على نظام متزن، مثل التركيز، درجة الحرارة و الضغط، فإن النظام ينشط فى الاتجاه الذى يقلل أو يلغى تأثير هذا المؤثر (التغير).



تمثيل بسيط لمفهوم قاعدة لوشاتيليه
«للإيضاح فقط»

العوامل المؤثرة على اتزان التفاعلات الكيميائية الانعكاسية

العوامل المؤثرة على الاتزان الكيميائى للتفاعلات الانعكاسية

- **أولاً** التـركيـز
- **ثانيا** درجة الحرارة
- **ثالثا** الضغط

أولاً تأثير تغير التركيز على اتزان التفاعلات الكيميائية الانعكاسية

◂ **يوضح الجدول الآتى تأثير تغير التركيز على اتـزان التفاعل الانعكاسى التالى فى ضوء قاعدة لوشاتيليه :**

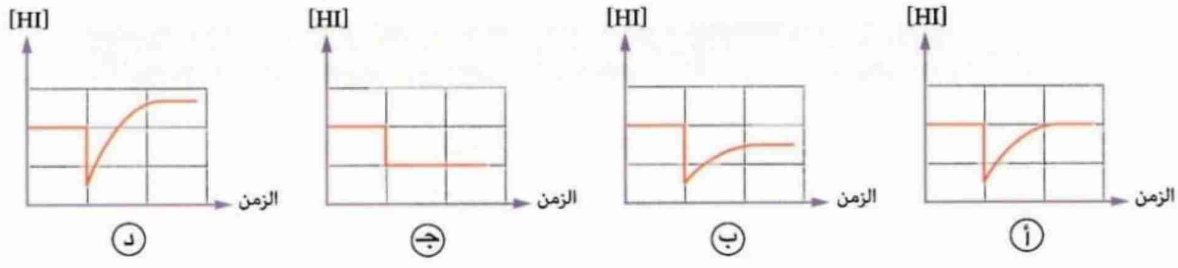
$$CO_{(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons CH_{4(g)} + H_2O_{(v)}$$

التغير الحادث	التطبيق	الاتجاه الذى ينشط فيه التفاعل
زيادة تركيز أحد المتفاعلات $[H_2]$ أو $[CO]$	إضافة $CO_{(g)}$ → $CO_{(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons CH_{4(g)} + H_2O_{(v)}$	**الاتجاه الطردى**
نقص تركيز أحد المتفاعلات $[H_2]$ أو $[CO]$	نزع $CO_{(g)}$ من $CO_{(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons CH_{4(g)} + H_2O_{(v)}$	**الاتجاه العكسى**
زيادة تركيز أحد النواتج $[H_2O]$ أو $[CH_4]$	$CO_{(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons CH_{4(g)} + H_2O_{(v)}$ ← إضافة $H_2O_{(v)}$	**الاتجاه العكسى**
نقص تركيز أحد النواتج $[H_2O]$ أو $[CH_4]$	$CO_{(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons CH_{4(g)} + H_2O_{(v)}$ نزع $H_2O_{(v)}$	**الاتجاه الطردى**

مثال

اختر الإجابة الصحيحة، مع التعليل :

أى الأشكال البيانية الآتية يعبر عن عودة النظام : $H_{2(g)} + I_{2(v)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$
إلى حالة الاتزان بعد نزع كمية من غاز HI من حيز التفاعل (عند نفس درجة الحرارة) ؟



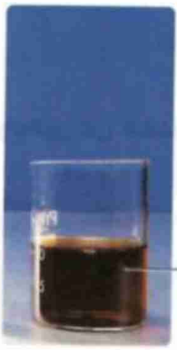
الحل

الشكل ⓑ / لأن نزع كمية من HI يقلل من تركيزه، وهو ما يؤدى إلى زيادة معدل التفاعل فى الاتجاه الطردى، أى يزداد تركيزه تدريجيًا حتى يصل إلى حالة الاتزان ولكن بتركيز أقل من التركيز الابتدائى.

قانون فعل الكتلة

وضـع العالمـان النرويجيان **جولدبرج و فـاج** قانون فعل الكتلة الذى يعبر عن العلاقة بين سرعة التفاعل الكيميائى وتركيـز مـواد التفاعل، وهو ينص على إنه عند ثبوت درجة الحرارة تتناسب سرعة التفاعل الكيميائى تناسبًا طرديًا مع حاصل ضرب التركيزات الجزيئية لمواد التفاعل (كل مرفوع لأس يساوى عدد مولات الجزيئات أو الأيونات فى معادلة التفاعل الموزونة).

تجربة توضح قانون فعل الكتلة

الخطوات	المشاهدة و التفسير
١ أضف قطرات من محلول ثيوسيانات الأمونيوم (عديم اللون) تدريجيًا إلى محلول كلوريد الحديد (III) (لونه أصفر باهت). 	يتلون المحلول باللـون الأحمـر الدمـوى، **لتكـون** محلول ثيوسيانات الحديد (III). 
٢ أضـف إلـى خليـط التفاعـل السـابق المزيـد مـن محلول كلوريد الحديد (III).	يـزداد لـون المحلـول احمـرارًا، **لتكـون** المزيـد من محلول ثيوسيانات الحديد (III).
٣ أضف إلى خليط التفاعل السابق قطرات من محلول كلوريد الأمونيوم «عديم اللون».	يتحـول اللون تدريجيًا حتى يصبح أصفر باهت مرة أخرى، **لتكون** محلول كلوريد الحديد (III).

الاستنتاج

يعبر عن التفاعل الانعكاسى الحادث بالمعادلة الكيميائية التالية :

$$FeCl_{3(aq)} + 3NH_4SCN_{(aq)} \rightleftharpoons Fe(SCN)_{3(aq)} + 3NH_4Cl_{(aq)}$$

كلوريد الحديد (III) (أصفر باهت) — ثيوسيانات الأمونيوم (عديم اللون) — ثيوسيانات الحديد (III) (أحمر دموى) — كلوريد الأمونيوم (عديم اللون)

طبقًا لقاعدة لوشاتيليه... فإنه عند زيادة تركيز :

- محلول كلوريد الحديد (III) $FeCl_3$ ينشط التفاعل فى اتجاه تكوين محلول ثيوسيانات الحديد (III) $Fe(SCN)_3$ (أى يزداد معدل التفاعل الطردى).
- محلول كلوريد الأمونيوم (NH_4Cl) ينشـط التفاعـل فى اتجاه تكوين محلول كلوريد الحديد (III) $FeCl_3$ (أى يزداد معدل التفاعل العكسى).

تطبيق قانون فعل الكتلة على تفاعل انعكاسى

عند تطبيق قانون فعل الكتلة على التفاعل الانعكاسى التالى :

$$FeCl_{3(aq)} + 3NH_4SCN_{(aq)} \underset{\text{عكسى}}{\overset{\text{طردى}}{\rightleftharpoons}} Fe(SCN)_{3(aq)} + 3NH_4Cl_{(aq)}$$

يعبر عن معدل التفاعل الطردى (r_1) للتفاعل السابق، كالتالى :

$$FeCl_{3(aq)} + 3NH_4SCN_{(aq)} \xrightarrow{r_1} Fe(SCN)_{3(aq)} + 3NH_4Cl_{(aq)}$$

لا يكتب المعامل 1

$$r_1 \propto [FeCl_3][NH_4SCN]^3$$

$$r_1 = K_1 [FeCl_3][NH_4SCN]^3$$

- r_1: معدل التفاعل الطردى
- K_1: ثابت معدل التفاعل الطردى
- $[FeCl_3]$: تركيز محلول $FeCl_3$ مرفوعًا للأس 1 (عدد مولاته فى المعادلة الموزونة)
- $[NH_4SCN]^3$: تركيز محلول NH_4SCN مرفوعًا للأس 3 (عدد مولاته فى المعادلة الموزونة)

ويعبر عن معدل التفاعل العكسى (r_2) لنفس التفاعل، كالتالى :

$$FeCl_{3(aq)} + 3NH_4SCN_{(aq)} \xleftarrow{r_2} Fe(SCN)_{3(aq)} + 3NH_4Cl_{(aq)}$$

$$r_2 \propto [Fe(SCN)_3][NH_4Cl]^3$$

$$r_2 = K_2 [Fe(SCN)_3][NH_4Cl]^3$$

- r_2: معدل التفاعل العكسى
- K_2: ثابت معدل التفاعل العكسى
- $[Fe(SCN)_3]$: تركيز محلول $Fe(SCN)_3$ مرفوعًا للأس 1 (عدد مولاته فى المعادلة الموزونة)
- $[NH_4Cl]^3$: تركيز محلول NH_4Cl مرفوعًا للأس 3 (عدد مولاته فى المعادلة الموزونة)

وعند حدوث الاتزان الكيميائى يكون معدل التفاعل الطردى مساوى لمعدل التفاعل العكسى

$$r_1 = r_2$$

$$K_1[FeCl_3]\,[NH_4SCN]^3 = K_2[Fe(SCN)_3]\,[NH_4Cl]^3$$

ومنها :

$$\frac{K_1}{K_2} = \frac{[Fe(SCN)_3]\,[NH_4Cl]^3}{[FeCl_3]\,[NH_4SCN]^3}$$

- البسط: حاصل ضرب التركيزات الجزيئية للمواد الناتجة (كل مرفوع لأس يساوى عدد مولاته من معادلة التفاعل الموزونة)
- المقام: حاصل ضرب التركيزات الجزيئية للمواد المتفاعلة (كل مرفوع لأس يساوى عدد مولاته من معادلة التفاعل الموزونة)

◂ $\left(\frac{K_1}{K_2}\right)$ عبارة عن مقدار ثابت،
ويعرف خارج قسمة ثابت معدل التفاعل الطردى K_1 على ثابت معدل التفاعل العكسى K_2 معبرًا عنهما بالتركيزات الجزيئية للمواد المتفاعلة والمواد الناتجة من التفاعل الانعكاسى بثابت الاتزان K_c

$$K_c = \frac{[Fe(SCN)_3]\,[NH_4Cl]^3}{[FeCl_3]\,[NH_4SCN]^3}$$

خطوات التعبير عن ثابت الاتزان K_c للتفاعلات الانعكاسية المتزنة

◂ نفترض تفاعل انعكاسى متزن يُعبر عنه بالمعادلة الموزونة المقابلة : $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$

◂ حيث تمثل الأحرف : • A ، B ، C ، D الرموز أو الصيغ الكيميائية للمواد المتفاعلة والناتجة.
• a ، b ، c ، d عدد مولات (معاملات) المواد المتفاعلة والناتجة من معادلة التفاعل.

◂ لحساب K_c لهذا التفاعل، نتبع الخطوات التالية :

الخطـــــوات	التطبيـــق
(١) تُكتب التركيزات الجزيئية للمواد الناتجة من التفاعل فى البسط.	$K_c = \frac{[C]\,[D]}{}$
(٢) يرفع التركيز الجزيئى لكل مادة من المواد الناتجة لأس يساوى عدد مولاتها (معاملاتها) من معادلة التفاعل.	$K_c = \frac{[C]^c\,[D]^d}{}$
(٣) تُكتب التركيزات الجزيئية للمواد المتفاعلة فى المقام.	$K_c = \frac{[C]^c\,[D]^d}{[A]\,[B]}$
(٤) يرفع التركيز الجزيئى لكل مادة من المواد المتفاعلة لأس يساوى عدد مولاتها (معاملاتها) من معادلة التفاعل.	$K_c = \frac{[C]^c\,[D]^d}{[A]^a\,[B]^b}$

تطبيـق الجدول التالى يوضح معادلة حساب ثابت الاتزان K_c لبعض التفاعلات الانعكاسية :

	المعادلة الموزونة	معادلة ثابت الاتزان K_c
1	$A \rightleftharpoons B$	$K_c = \frac{[B]}{[A]}$
2	$2A \rightleftharpoons B$	$K_c = \frac{[B]}{[A]^2}$
3	$A + B \rightleftharpoons C$	$K_c = \frac{[C]}{[A]\,[B]}$
4	$C \rightleftharpoons A + B$	$K_c = \frac{[A]\,[B]}{[C]}$
5	$A_2 + B_2 \rightleftharpoons 2AB$	$K_c = \frac{[AB]^2}{[A_2]\,[B_2]}$

ملحوظات هامة

١ **لا يكتب المعامل** 1 فى معادلة ثابت الاتزان **عند كتابة أس** تركيز المتفاعلات أو النواتج من معادلة التفاعل.

• **تطبيق** معادلة ثابت الاتزان K_c لتفاعل انحلال خامس أكسيد النيتروچين.

$$2\,N_2O_{5(g)} \rightleftharpoons 4\,NO_{2(g)} + O_{2(g)}$$

لا يكتب المعامل 1

$$K_c = \frac{[NO_2]^4\,[O_2]}{[N_2O_5]^2}$$

٢ **لا يكتب تركيز الماء السائل النقى** – كمذيب – **والمواد الصلبة** أو **الرواسب** فى معادلة ثابت الاتزان، **لأن** تركيزها يظل ثابتًا مهما اختلفت كميتها.

• **تطبيق** ثابت اتزان تفاعل تحول بيكربونات الكالسيوم إلى كربونات الكالسيوم بالحرارة فى إناء مغلق :

$$Ca(HCO_3)_{2(aq)} \rightleftharpoons CaCO_{3(s)} + CO_{2(g)} + H_2O_{(l)}$$

لا يكتب تركيز كربونات الكالسيوم، **لأنها** مادة صلبة مترسبة تركيزها يظل ثابتًا مهما تغيرت كميتها

لا يكتب تركيز الماء السائل النقى، **لأن** تركيزه يظل ثابتًا مهما تغيرت كميته

$$K_c = \frac{\cancel{[CaCO_3]}\,[CO_2]\,\cancel{[H_2O]}}{[Ca(HCO_3)_2]}$$

$$\therefore K_c = \frac{[CO_2]}{[Ca(HCO_3)_2]}$$

٣ **لا تتغير القيمة العددية لثابت الاتزان K_c** للتفاعل الواحد **بتغير تركيز** المواد المتفاعلة والمواد الناتجة **عند نفس درجة الحرارة**.

• **تطبيق** قيمة ثابت الاتزان لثلاث تجارب للتفاعل :

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)} \quad \text{at } 500^\circ C$$

التجربة	تركيز المتفاعلات و النواتج عند الاتزان			مقدار ثابت الاتزان $K_c = \frac{[NH_3]^2}{[N_2]\,[H_2]^3}$
	$[N_2]$	$[H_2]$	$[NH_3]$	
1	0.921 M	0.763 M	0.157 M	$\frac{(0.157)^2}{0.921 \times (0.763)^3} = 0.0602$
2	0.399 M	1.197 M	0.203 M	$\frac{(0.203)^2}{0.399 \times (1.197)^3} = 0.0602$
3	2.59 M	2.77 M	1.82 M	$\frac{(1.82)^2}{2.59 \times (2.77)^3} = 0.0602$

«الجدول للإيضاح فقط»

٤ تتغير قيمة K_c للتفاعل المتزن الواحد بتغير درجة حرارة التفاعل.

تطبيق

أ تنخفض قيمة K_c برفع درجة حرارة تفاعل متزن طارد للحرارة

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)} + \text{Heat} \qquad \Delta H = (-)$$

درجة الحرارة (K)	K_c
298	2.69×10^{8}
400	3.94×10^{4}
500	1.72×10^{2}

برفع درجة الحرارة ← انخفاض قيمة K_c لتفاعل متزن طارد للحرارة

«الجدول للإيضاح فقط»

ب ترتفع قيمة K_c برفع درجة حرارة تفاعل متزن ماص للحرارة

$$N_{2(g)} + O_{2(g)} + \text{Heat} \rightleftharpoons 2NO_{(g)} \qquad \Delta H = (+)$$

درجة الحرارة (K)	K_c
298	4.5×10^{-31}
900	6.7×10^{-10}
2300	1.7×10^{-3}

برفع درجة الحرارة ← ارتفاع قيمة K_c لتفاعل متزن ماص للحرارة

«الجدول للإيضاح فقط»

مثال

اكتب معادلة ثابت الاتزان K_c للتفاعلات المتزنة التالية :

(1) $2H_2O_{(v)} \rightleftharpoons 2H_{2(g)} + O_{2(g)}$

(2) $NH_{3(l)} \rightleftharpoons NH_{3(g)}$

(3) $3I_{2(s)} + 3H_2O_{(l)} \rightleftharpoons 5I^-_{(aq)} + IO^-_{3(aq)} + 6H^+_{(aq)}$

الحل

(1) $K_c = \frac{[H_2]^2 [O_2]}{[H_2O]^2}$

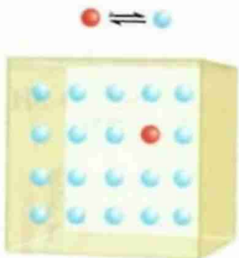
(2) $K_c = [NH_3]$

لا يكتب تركيز النشادر المُسال فى معادلة ثابت الاتزان K_c

(3) $K_c = [I^-]^5 [IO_3^-] [H^+]^6$

دلالات ثابت الاتزان K_c

١ القيم الكبيرة لثابت الاتزان $(K_c > 1)$



نظام فى حالة اتزان

$$K_c = \frac{19}{1} = 19$$

تعنى أن

التفاعل الطردى هو السائد (أى أن التفاعل يسير بشكل جيد نحو تكوين النواتج)، **لأن** حاصل ضرب تركيز النواتج (فى البسط) يكون أكبر من حاصل ضرب تركيز المتفاعلات (فى المقام) وكل مرفوع لأس يساوى عدد مولاته فى المعادلة الموزونة

مواد متفاعلة ⇌ **مواد ناتجة**

$K_c > 1$

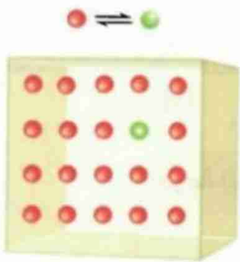
مثال

$$H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons 2HCl_{(g)}$$

$$K_c = 4.4 \times 10^{32}$$

يصعب انحلال كلوريد الهيدروچين إلى عنصريه تبعًا للمعادلة السابقة، **لأن** قيمة ثابت الاتزان كبيرة $(K_c > 1)$ مما يدل على أن التفاعل الطردى هو السائد

٢ القيم الصغيرة لثابت الاتزان $(K_c < 1)$



نظام فى حالة اتزان

$$K_c = \frac{1}{19} = 0.053$$

تعنى أن

التفاعل العكسى هو السائد (أى أن التفاعل يسير بشكل جيد نحو تكوين المتفاعلات)، **لأن** حاصل ضرب تركيز النواتج (فى البسط) يكون أقل من حاصل ضرب تركيز المتفاعلات (فى المقام) وكل مرفوع لأس يساوى عدد مولاته فى المعادلة الموزونة

مواد متفاعلة ⇌ مواد ناتجة

$K_c < 1$

مثال

$$AgCl_{(s)} \rightleftharpoons Ag^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

$$K_c = 1.7 \times 10^{-10}$$

يصعب ذوبان كلوريد الفضة فى الماء تبعًا للمعادلة السابقة، **لأن** قيمة ثابت الاتزان صغيرة $(K_c < 1)$ مما يدل على أن التفاعل العكسى هو السائد

مثـال ١

فى التفاعل المتزن المقابل : $H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$

(١) احسب ثابت الاتزان K_c للتفاعل، علمًا بأنه عند الاتزان يكون تركيز كلًا من اليود والهيدروچين 0.221 M وتركيز يوديد الهيدروچين 1.563 M

(٢) هل ينشط التفاعل فى الاتجاه الطردى أم العكسى ؟ مع التعليل.

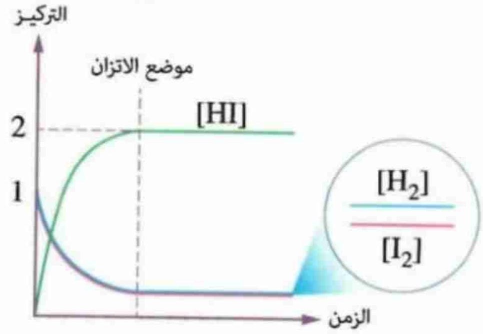
الحــــل

(١) $K_c = \frac{[HI]^2}{[H_2]\,[I_2]} = \frac{(1.563)^2}{0.221 \times 0.221} = 50$

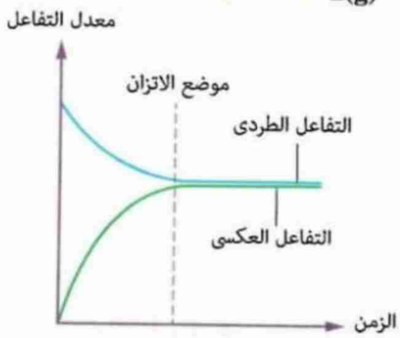
(٢) ينشط التفاعل فى الاتجاه الطردى / لأن $(K_c > 1)$.

ملحوظة

يُعبر عن اتزان التفاعل الانعكاسى $H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$ بالشكلين البيانيين التاليين :



العلاقة البيانية
(تركيز – زمن) للتفاعل الطردى



العلاقة البيانية
(معدل التفاعل – زمن)

مثـال ٢

فى التفاعل : $H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$ $\quad K_c = 55.16$ at 425°C

إذا كان تركيز (H_2) 1×10^{-3} M و تركيز (I_2) 1.5×10^{-3} M و تركيز (HI) 5×10^{-3} M ،

هل يكون التفاعل فى حالة اتزان أم لا ؟ مع التعليل.

الحــــل

K_c النظرية $= \frac{[HI]^2}{[H_2]\,[I_2]} = \frac{(5 \times 10^{-3})^2}{(1 \times 10^{-3}) \times (1.5 \times 10^{-3})} = 16.67$

∴ التفاعل ليس فى حالة اتزان / لأن قيمة K_c النظرية (16.67) لا تساوى قيمة K_c الفعلية للتفاعل (55.16).

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: استخدام قانون فعل الكتلة فى حساب ثابت الاتزان لبعض التفاعلات الكيميائية.

١ فى المعادلة المقابلة : $2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(v)}$

أى مما يأتى يعبر عن معدل التفاعل الطردى (r) الحادث ؟

(أ) $r = K [H_2O]^2$ (ب) $r = K [H_2] [O_2]$ (ج) $r = K [H_2]^2 [O_2]$ (د) $r = K \frac{[H_2O]^2}{[H_2]^2 [O_2]}$

فكرة الحل :

معدل التفاعل الطردى (r) = ثابت معدل التفاعل × التركيزات الجزيئية للمتفاعلات (كلٍ مرفوع لأس يساوى عدد مولاته فى معادلة التفاعل الموزونة).

الحل : الاختيار الصحيح : (ج)

---

٢ فى التفاعل المتزن : $2ZnS_{(s)} + 3O_{2(g)} \rightleftharpoons 2ZnO_{(s)} + 2SO_{2(g)}$

أى مما يأتى يعبر عن ثابت اتزان هذا التفاعل ؟

(أ) $K_c = \frac{2[SO_2]}{3[O_2]}$ (ب) $K_c = \frac{[SO_2]^2}{[O_2]^3}$

(ج) $K_c = \frac{4[ZnO] [SO_2]}{6[ZnS] [O_2]}$ (د) $K_c = \frac{[ZnO]^2 [SO_2]^2}{[ZnS]^2 [O_2]^3}$

فكرة الحل :

∵ معادلة ثابت الاتزان لا يكتب فيها تركيز المواد الصلبة (ZnS) ، (ZnO)

∴ يستبعد الاختيارين (ج) ، (د)

∵ K_c يُعبر عنها بالنسبة بين حاصل ضرب التركيزات الجزيئية للمواد الناتجة من التفاعل إلى حاصل ضرب التركيزات الجزيئية للمواد المتفاعلة (كلٍ مرفوع لأس يساوى عدد مولاته فى معادلة التفاعل الموزونة).

∴ يستبعد الاختيار (أ)

الحل : الاختيار الصحيح : (ب)

---

٣ يُعبر عن ثابت معدل التفاعل الطردى لأحد العمليات الكيميائية بالصيغة المقابلة : $K_1 = \frac{r_1}{[A]^2[B]}$

أى المعادلات التالية تُعبر عن هذه العملية ؟

(أ) $2CO_{(g)} + SnO_{2(s)} \rightleftharpoons Sn_{(s)} + 2CO_{2(g)}$

(ب) $2HCl_{(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightleftharpoons H_2O_{(v)} + Cl_{2(g)}$

(ج) $CH_3OH_{(v)} \rightleftharpoons CO_{(g)} + 2H_{2(g)}$

(د) $2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2SO_{3(g)}$

فكرة الحل :

معدل التفاعل الطردى $r_1 = K_1 \times$ حاصل ضرب التركيزات الجزيئية للمواد المتفاعلة
(كل مرفوع لأس يساوى عدد مولاته فى معادلة التفاعل الموزونة)

$$r_1 = K_1 \times [B]\ [A]^2$$

∵ (2A + B) تمثل المتفاعلات، وهو ما لا يتفق مع عدد مولات المتفاعلات فى الاختيارين ⓑ ، ⓒ

∴ يستبعد الاختياران ⓑ ، ⓒ

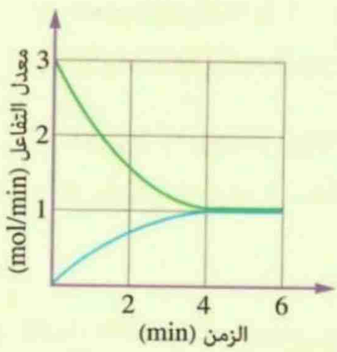
∵ SnO_2 فى تفاعل الاختيار ⓐ توجد فى حالة صلبة.

∴ يستبعد الاختيار ⓐ

الحل : الاختيار الصحيح : ⓓ

---

٤ **الشكل البيانى المقابل : يعبر عن تفاعل انعكاسى متزن.**
ما مقدار معدل التفاعل الطردى عند الاتزان الكيميائى ؟



ⓐ zero ⓑ 0.25 mol/min
ⓒ 1 mol/min ⓓ 3 mol/min

فكرة الحل :

∵ عند اتزان تفاعل انعكاسى يكون معدل التفاعل الطردى مساويًا لمعدل التفاعل العكسى.

∴ مقدار معدل التفاعل الطردى يساوى
مقدار معدل التفاعل العكسى = 1 mol/min

الحل : الاختيار الصحيح : ⓒ

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: حساب ثابت الاتزان بدلالة التركيز.

١ **فى التفاعل المتزن المقابل :** $K_c = 0.133 \quad N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$

ما $[N_2O_4]$ عند نقطة الاتزان ؟

ⓐ $\frac{0.133}{[NO_2]}$ ⓑ $\frac{[NO_2]}{0.133}$ ⓒ $\frac{0.133}{[NO_2]^2}$ ⓓ $\frac{[NO_2]^2}{0.133}$

فكرة الحل :

$$K_c = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]} \qquad \therefore [N_2O_4] = \frac{[NO_2]^2}{0.133}$$

الحل : الاختيار الصحيح : ⓓ

٢ **أجرى التفاعل المقابل فى إناء مغلق حجمه 1 L :** $C_{(s)} + H_2O_{(v)} \rightleftharpoons CO_{(g)} + H_{2(g)}$

وعند تحليل مكونات الوعاء عند الوصول إلى نقطة الاتزان، وجد :

- **0.2 mol من C**
- **0.2 mol من H_2O**
- **0.6 mol من CO**
- **0.6 mol من H_2**

ما ثابت اتزان هذا التفاعل ؟

(أ) 0.11 (ب) 0.56 (ج) 1.8 (د) 9

فكرة الحل :

$$\text{التركيز (M)} = \frac{\text{عدد المولات (mol)}}{\text{الحجم (L)}}$$

∵ حجم الخليط = 1 L

∴ تركيزات الغازات = أعداد مولاتها

∵ الكربون C يوجد فى حالة صلبة.

∴ لا يحسب له تركيز فى معادلة ثابت الاتزان.

$$K_c = \frac{[CO]\,[H_2]}{[H_2O]} = \frac{0.6 \times 0.6}{0.2} = 1.8$$

الحل : الاختيار الصحيح : (ج)

---

٣ **المعادلة المقابلة : تعبر عن تفاعل انعكاسى متزن.** $H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$

أى مما يلى يعبر عن ثابت اتزان التفاعل العكسى ؟

(أ) $K_c = \frac{[HI]^2}{[H_2]}$ (ب) $K_c = \frac{2[HI]}{[H_2]\,[I_2]}$

(ج) $K_c = \frac{[H_2]\,[I_2]}{[HI]^2}$ (د) $K_c = \frac{[HI]^2}{[H_2]\,[I_2]}$

فكرة الحل :

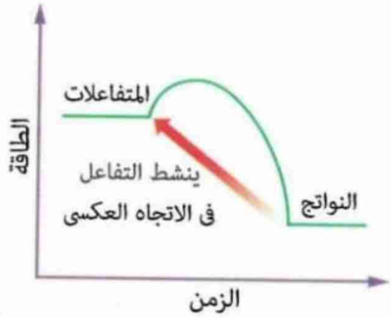
$$K_c \text{ «للتفاعل الطردى»} = \frac{[HI]^2}{[H_2]\,[I_2]}$$

$$K_c \text{ «للتفاعل العكسى»} = \frac{[H_2]\,[I_2]}{[HI]^2}$$

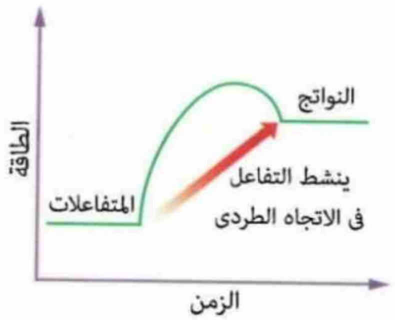
الحل : الاختيار الصحيح : (ج)

ثانيًا تأثير تغير درجة الحرارة على اتزان التفاعلات الكيميائية الانعكاسية

توضح الأشكال البيانية و الجدول التاليين تأثير تغير درجة الحرارة على اتزان التفاعلات الانعكاسية فى ضوء قاعدة لوشاتيليه :



أثر رفع درجة حرارة تفاعل انعكاسى متزن طارد للحرارة



أثر رفع درجة حرارة تفاعل انعكاسى متزن ماص للحرارة

التغير الحادث فى درجة الحرارة	نوع التفاعل الحادث حراريًا	التطبيق	الاتجاه الذى ينشط فيه التفاعل	التغير الحادث فى قيمة K_c
رفــــع درجة الحرارة	تفاعل طارد للحرارة	$CO_{(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons CH_{4(g)} + H_2O_{(v)} + Heat$ (Heat رفع)	الاتجاه العكسى	تقل
	تفاعل ماص للحرارة	$Heat + N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$ (Heat رفع)	الاتجاه الطردى	تزداد
خفــــض درجة الحرارة	تفاعل طارد للحرارة	$CO_{(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons CH_{4(g)} + H_2O_{(v)} + Heat$ (Heat خفض)	الاتجاه الطردى	تزداد
	تفاعل ماص للحرارة	$Heat + N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$ (Heat خفض)	الاتجاه العكسى	تقل

ملحوظة هامة

* رفع درجة حرارة أى تفاعل كيميائى متزن يزيد من معدل كل من التفاعل الطردى والتفاعل العكسى، إلا أنه فى التفاعلات الطاردة للحرارة يكون معدل الزيادة فى التفاعل العكسى أكبر من معدل زيادة التفاعل الطردى وهو ما يقلل من قيمة K_c للتفاعل (لنقص تركيز النواتج وزيادة تركيز المتفاعلات).

تجربة توضح تأثير درجة الحرارة على معدل تفاعل انعكاسى متزن

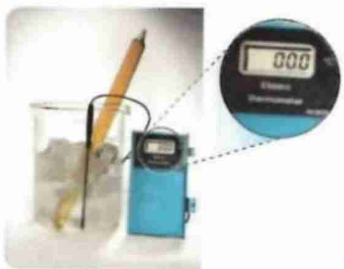
الخطوات

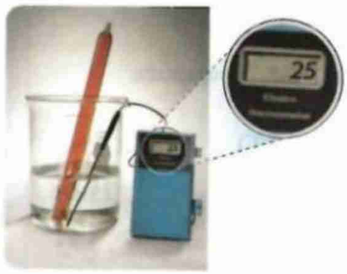
١ احضر عبوة تحتوى على غاز ثانى أكسيد النيتروچين NO_2 ذو اللون البنى المحمر.

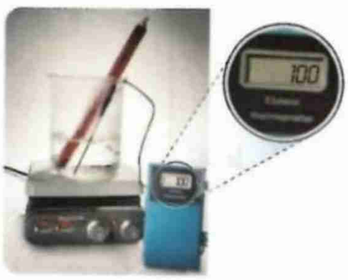
٢ ضع العبوة فى مخلوط مبرد ... **ماذا تلاحظ ؟**

٣ اخرج العبوة من المخلوط المبرد، واتركها حتى تعود لدرجة حرارة الغرفة (25°C) ... **ماذا تلاحظ ؟**

٤ ضع العبوة فى إناء به ماء ساخن ... **ماذا تلاحظ ؟**







الملاحظة

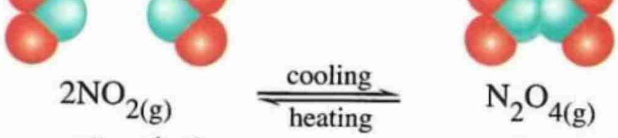
* تخف درجة اللون تدريجيًا، كلما انخفضت درجة الحرارة، حتى يزول اللون البنى المحمر.

* يبدأ اللون البنى المحمر فى الظهور، ولا يلبث أن يعود إلى ما كان عليه.

* تزداد درجة اللون البنى المحمر، كلما ازدادت درجة الحرارة.

الاستنتاج

يعبر عن التفاعل الانعكاسى المتزن الحادث بالمعادلة التالية :



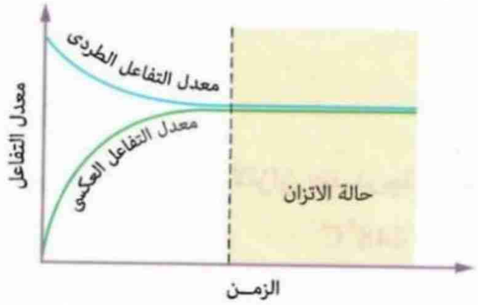
$$2NO_{2(g)} \underset{\text{heating}}{\overset{\text{cooling}}{\rightleftharpoons}} N_2O_{4(g)} + \text{Heat}$$

ثانى أكسيد النيتروچين (بنى محمر) — رابع أكسيد النيتروچين (عديم اللون)

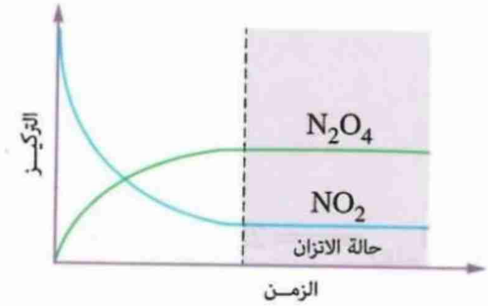
طبقًا لقاعدة لوشاتيليه، فإن :

- **خفض درجة حرارة** تفاعل متزن طارد للحرارة، يؤدى إلى نشاط التفاعل بشكل جيد فى **الاتجاه الطردى** اتجاه تكوين غاز N_2O_4 عديم اللون.
- **رفع درجة حرارة** تفاعل متزن طارد للحرارة، يؤدى إلى نشاط التفاعل بشكل جيد فى **الاتجاه العكسى** اتجاه تكوين غاز NO_2 البنى المحمر.

ويعبر عن اتزان التفاعل الانعكاسى : $N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$ بالشكلين البيانيين التاليين :



العلاقة البيانية (معدل التفاعل - زمن)



العلاقة البيانية (تركيز - زمن)

مثال ١

فى التفاعل المتزن التالى :

$$4HCl_{(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2H_2O_{(v)} + 2Cl_{2(g)} + 113\ kJ$$

عديم اللون   عديم اللون   عديم اللون   أصفر مخضر

ما أثر كل مما يأتى على لون خليط التفاعل وعلى مقدار ثابت اتزان التفاعل :

(١) زيادة تركيز غاز الأكسچين عند نفس درجة الحرارة.

(٢) خفض درجة الحرارة.

الحل

(١) عند زيادة تركيز غاز الأكسچين، ينشط التفاعل فى الاتجاه الطردى، وبالتالى يتكون المزيد من غاز الكلور فتزداد درجة اللون الأصفر المخضر، وتظل قيمة ثابت الاتزان ثابتة لعدم تغير درجة الحرارة.

(٢) ∵ التفاعل طارد للحرارة.

∴ عند خفض درجة الحرارة، ينشط التفاعل فى الاتجاه الطردى، وبالتالى يتكون المزيد من غاز الكلور، فتزداد درجة اللون الأصفر المخضر، وتزداد قيمة ثابت الاتزان.

مثال ٢

أى هذه التفاعلات يزداد فيها معدل التفكك برفع درجة الحرارة ؟ مع التفسير :

(1) $SO_{3(g)} \rightleftharpoons SO_{2(g)} + \frac{1}{2} O_{2(g)}$ $\Delta H = (+)$

(2) $N_2H_{4(g)} \rightleftharpoons N_{2(g)} + 2H_{2(g)}$ $\Delta H = (-)$

الحل

التفاعل (1) / لأنه تفاعل ماص للحرارة ينشط فى الاتجاه الطردى (اتجاه زيادة معدل التفكك) عند رفع درجة الحرارة.

مثال ٣

للتفاعل الآتى قيمتان لثابت الاتزان عند درجتى حرارة مختلفتين :

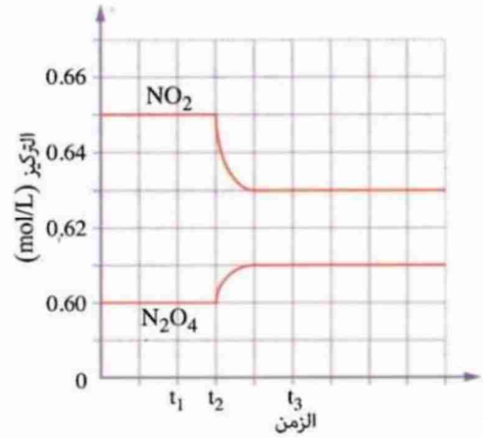
* $H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$ $K_c = 50$ at 448°C
* $H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$ $K_c = 67$ at 850°C

هل هذا التفاعل طارد أم ماص للحرارة ؟ مع التفسير.

الحل

التفاعل ماص للحرارة / لأنه عند رفع درجة حرارة التفاعل المتزن ينشط التفاعل فى الاتجاه الطردى وهو ما يستدل عليه من زيادة قيمة K_c

مثال ٤



الشكل البيانى المقابل يعبر عن التفاعل المتزن التالى :

$N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$ $\Delta H = +59$ kJ

(١) احسب قيمة K_c للتفاعل عند :

(أ) الزمن t_1 (ب) الزمن t_3

(٢) ما المؤثر الخارجى الذى أثر على التفاعل المتزن عند الزمن t_2 ؟ مع تفسير إجابتك.

الحل

(١) (أ) $K_c = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]} = \frac{(0.65)^2}{0.6} = \mathbf{0.7}$

(ب) $K_c = \frac{(0.63)^2}{0.61} = \mathbf{0.65}$

(٢) خفض درجة الحرارة / لأنه عند خفض درجة حرارة التفاعل الماص للحرارة ينشط التفاعل فى الاتجاه العكسى (اتجاه انخفاض $[NO_2]$ وزيادة $[N_2O_4]$) أو لانخفاض قيمة K_c للتفاعل الماص للحرارة.

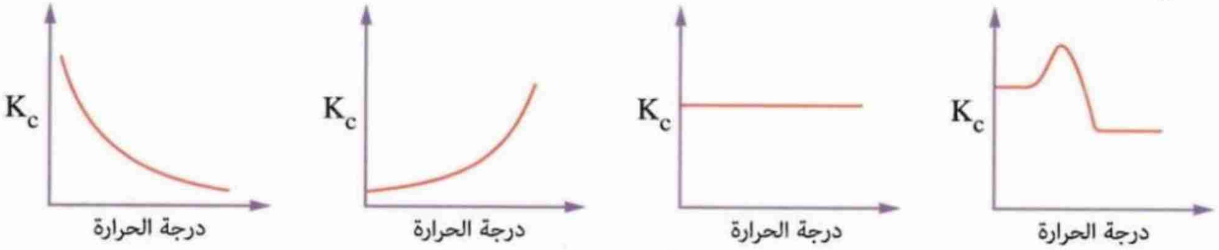
مثال ٥

اختر الإجابة الصحيحة، مع التعليل :

أى الأشكال البيانية الآتية يعبر عن العلاقة بين :

(١) K_c لتفاعل طارد للحرارة و درجة الحرارة.

(٢) K_c لتفاعل ماص للحرارة و درجة الحرارة.



ⓓ ⓙ ⓑ ⓐ

الحل

(١) الشكل (د) / **لأنه** عند رفع درجة حرارة تفاعل طارد للحرارة، ينشط التفاعل فى الاتجاه العكسى وهو ما يؤدى إلى خفض قيمة K_c (لنقص تركيز النواتج وزيادة تركيز المتفاعلات).

(٢) الشكل (ج) / **لأنه** عند رفع درجة حرارة تفاعل ماص للحرارة، ينشط التفاعل فى الاتجاه الطردى وهو ما يؤدى إلى زيادة قيمة K_c (لزيادة تركيز النواتج ونقص تركيز المتفاعلات).

ثالثًا تأثير تغير الضغط على اتزان التفاعلات الكيميائية الانعكاسية

◂ عندما تكون المواد المتفاعلة والمواد الناتجة من التفاعلات المتزنة فى الحالة **الغازية**، يكون من السهل قياس **ضغوطها الجزئية** عن قياس تركيزاتها الجزيئية، لذا يُفضل التعبير عن ثابت اتزان التفاعلات الغازية بدلالة الثابت K_p (باستخدام قيم الضغوط الجزئية للمتفاعلات و النواتج الغازية)، بدلًا من الثابت K_c (باستخدام قيم التركيزات الجزيئية للمتفاعلات و النواتج).

للإيضاح فقط

◂ التفاعلات المتجانسة هى التى تكون المواد المتفاعلة فيها والناتجة عنها لها نفس الحالة الفيزيائية :

$$H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \longrightarrow 2HCl_{(g)}$$

تفاعل متجانس غازى

$$aA_{(g)} + bB_{(g)} \rightleftharpoons cC_{(g)} + dD_{(g)}$$

$$K_p = \frac{(P_C)^c (P_D)^d}{(P_A)^a (P_B)^b}$$

فى التفاعلات الانعكاسية المتزنة تُوصف :

- تركيزات مواد التفاعل بالتركيزات الجزيئية.
- ضغوط غازات التفاعل بالضغوط الجزئية.

◂ **ثابت الاتزان K_p** هو خارج قسمة ثابت معدل التفاعل الطردى K_1 على ثابت معدل التفاعل العكسى K_2 معبرًا عنهما بالضغوط الجزئية للمواد المتفاعلة والمواد الناتجة من التفاعل الانعكاسى.

تطبيق • معادلة ثابت الاتزان K_p لتفاعل تحضير غاز النشادر من عنصريه :

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$$

$$K_p = \frac{(P_{NH_3})^2}{(P_{N_2})(P_{H_2})^3}$$

لا يكتب المعامل 1

مثال ١

اكتب المعادلة الرمزية الموزونة للتفاعل الغازى المتجانس المعبر عنه بثابت الاتزان K_p التالى :

$$K_p = \frac{(P_{HI})^2}{(P_{H_2})(P_{I_2})}$$

الحل

$$H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$$

مثال ٢

احسب قيمة الضغط الجزئى لكل من الغازين H_2 ، Cl_2 عند اتزان التفاعل التالى :

$$2HCl_{(g)} \rightleftharpoons H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \quad K_p = 2.45 \times 10^{-7} \quad \text{at } 727^\circ C$$

إذا علمت أن الضغط الجزئى لغاز HCl عند الاتزان يساوى 7 atm

الحل

$$\because K_p = \frac{(P_{H_2})(P_{Cl_2})}{(P_{HCl})^2}$$

$$\therefore (P_{H_2})(P_{Cl_2}) = K_p \times (P_{HCl})^2 = 2.45 \times 10^{-7} \times (7)^2 = 1.2 \times 10^{-5} \text{ atm}$$

∵ عدد مولات H_2 = عدد مولات Cl_2 «من معادلة التفاعل الموزونة».

∴ يتساوى ضغطهما الجزئى فى هذا التفاعل.

$$(P_{H_2}) = (P_{Cl_2}) = \sqrt{1.2 \times 10^{-5}} = 3.46 \times 10^{-3} \text{ atm}$$

ملحوظات هامة

* **تتغير** قيمة ثابت الاتزان K_p للتفاعل الواحد **بتغير درجة الحرارة**، كما هو الحال بالنسبة لثابت الاتزان K_c
* قيمة K_p للتفاعل العكسى تساوى $\frac{1}{K_p}$ للتفاعل الطردى لنفس التفاعل.
* عند ثبوت درجة حرارة التفاعل الانعكاسى وحدوث تغير فى عدد مولات مواد التفاعل أو اتجاه سيره أو كلاهما معًا، فإن قيمة K_c أو K_p للتفاعل يمكن حسابها من العلاقة التالية :

$$\underset{\text{المطلوبة}}{K_c^`} = \underset{\text{المعطاة}}{(K_c)}^{\pm n}$$

حيث :

(n) : المقدار المضروب فى معاملات المعادلة الأصلية لتحويلها إلى معاملات المعادلة المطلوبة.

(+) : تدل على عدم تغيير اتجاه سير التفاعل الأصلى.

(–) : تدل على تغيير اتجاه سير التفاعل الأصلى.

* تتساوى قيمتى K_p ، K_c للتفاعل الانعكاسى الغازى المتجانس عند تساوى عدد مولات المتفاعلات مع عدد مولات النواتج فى معادلة التفاعل المتزنة.

مثال

من التفاعل المقابل : $K_p = 3.5 \times 10^4$ (at 1495 K) $\quad H_{2(g)} + Br_{2(v)} \rightleftharpoons 2HBr_{(g)}$

ما قيمة K_p للتفاعلين التاليين ؟ مع التفسير :

(١) (at 1495 K) $\quad \frac{1}{2}H_{2(g)} + \frac{1}{2}Br_{2(v)} \rightleftharpoons HBr_{(g)}$

(٢) (at 1495 K) $\quad 2HBr_{(g)} \rightleftharpoons H_{2(g)} + Br_{2(v)}$

الحل

(١) المعادلة الأصلية : $K_p = 3.5 \times 10^4 \quad H_{2(g)} + Br_{2(v)} \rightleftharpoons 2HBr_{(g)}$

المعادلة المطلوبة : $K_p^` = ? \quad \frac{1}{2}H_{2(g)} + \frac{1}{2}Br_{2(v)} \rightleftharpoons HBr_{(g)}$

∵ يلزم الضرب فى $\frac{1}{2}$ لتحويل معاملات المعادلة الأصلية إلى معاملات المعادلة المطلوبة.

∴ قيمة $n = \frac{1}{2}$

∵ اتجاه سير التفاعل لم يتغير.

∴ قيمة n تكون بإشارة (+)

$$\therefore K_p^` = (K_p)^{+\frac{1}{2}} = (3.5 \times 10^4)^{+\frac{1}{2}} = \sqrt{3.5 \times 10^4} = 187.08$$

(٢) ∵ معاملات المعادلتين – الأصلية والمطلوبة – لم تتغير.

∴ قيمة $n = 1$

∵ اتجاه سير التفاعل قد تغير.

∴ قيمة n تكون بإشارة (–)

$$\therefore K_p^{`} = (K_p)^{-1} = (3.5 \times 10^4)^{-1} = \frac{1}{3.5 \times 10^4}$$

$$= 2.857 \times 10^{-5}$$

طريقة حل أخرى

(١)

(1) $H_{2(g)} + Br_{2(v)} \rightleftharpoons 2HBr_{(g)}$ $\quad K_p = 3.5 \times 10^4$

(2) $\frac{1}{2}H_{2(g)} + \frac{1}{2}Br_{2(v)} \rightleftharpoons HBr_{(g)}$ $\quad K_p^{`} = ?$

للوصول بالمعادلة (1) إلى المعادلة (2) يتم ضرب معاملات المعادلة (1) × $\frac{1}{2}$:

(3) $\frac{1}{2}H_{2(g)} + \frac{1}{2}Br_{2(v)} \rightleftharpoons HBr_{(g)}$ $\quad K_p^{`} = (K_p)^{\frac{1}{2}}$

$$= (3.5 \times 10^4)^{\frac{1}{2}}$$

$$= \sqrt{3.5 \times 10^4}$$

$$= 187.08$$

(٢)

(1) $H_{2(g)} + Br_{2(v)} \rightleftharpoons 2HBr_{(g)}$ $\quad K_p = 3.5 \times 10^4$

(2) $2HBr_{(g)} \rightleftharpoons H_{2(g)} + Br_{2(v)}$ $\quad K_p^{`} = ?$

∵ المعادلة (2) تمثل التفاعل العكسى للتفاعل (1)

$$\therefore K_p^{`} = \frac{1}{K_p} = \frac{1}{3.5 \times 10^4}$$

$$= 2.857 \times 10^{-5}$$

دلالات ثابت الاتزان K_p

١ القيم الكبيرة لثابت الاتزان ($K_p > 1$)

تعنى أن

التفاعل الطردى هو السائد، لأن حاصل ضرب الضغوط الجزئية للنواتج (فى البسط) تكون أكبر من حاصل ضرب الضغوط الجزئية للمتفاعلات (فى المقام)

٢ القيم الصغيرة لثابت الاتزان ($K_p < 1$)

التفاعل العكسى هو السائد، لأن حاصل ضرب الضغوط الجزئية للنواتج (فى البسط) تكون أقل من حاصل ضرب الضغوط الجزئية للمتفاعلات (فى المقام)

مثال

احسب قيمة ثابت الاتزان K_p للتفاعل المتزن التالى : $N_{2(g)} + 2O_{2(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$

إذا علمت أنه عند الاتزان كان الضغط الجزئى لغاز N_2 (0.2 atm) ولغاز O_2 (1 atm) ولغاز NO_2 (2 atm)

ماذا تستنتج من قيمة K_p ؟

الحل

$$K_p = \frac{(P_{NO_2})^2}{(P_{N_2})(P_{O_2})^2} = \frac{(2)^2}{0.2 \times (1)^2} = 20$$

∵ قيمة K_p كبيرة $(K_p > 1)$.

∴ التفاعل الطردى هو السائد.

الضغط الكلى للتفاعل الغازى

◂ هو مجموع الضغوط الجزئية للغازات المتفاعلة والناتجة من التفاعل الكيميائى عند نفس درجة الحرارة.

تطبيق فى التفاعل الافتراضى الغازى الانعكاسى المتزن التالى :

$$\underset{P_A = 2\ atm}{A} + \underset{P_B = 5\ atm}{B} \rightleftharpoons \underset{P_{AB} = 7\ atm}{AB}$$

◂ يكون الضغط الكلى للتفاعل هو مجموع الضغوط الجزئية لغازاته والمرتبطة بعدد مولات كل غاز.

∴ الضغط الكلى للتفاعل = $(P_A) + (P_B) + (P_{AB})$

$= 2 + 5 + 7 = 14\ atm$

مثال

فى التفاعل المتزن : $2H_2O_{(v)} \rightleftharpoons 2H_{2(g)} + O_{2(g)}$ at 500°C

إذا علمت أنه عند الاتزان يكون الضغط الجزئى لغاز H_2 $(3.66 \times 10^{-8}\ atm)$ ولغاز O_2 $(1.83 \times 10^{-8}\ atm)$ ،

ولبخار الماء (25.35 atm)، احسب :

(١) قيمة ثابت الاتزان K_p (٢) الضغط الكلى للتفاعل.

الحل

(١)

$$K_p = \frac{(P_{H_2})^2 (P_{O_2})}{(P_{H_2O})^2} = \frac{(3.66 \times 10^{-8})^2 \times (1.83 \times 10^{-8})}{(25.35)^2} = 3.8 \times 10^{-26}$$

(٢) الضغط الكلى للتفاعل = $(P_{H_2}) + (P_{O_2}) + (P_{H_2O})$

$= (3.66 \times 10^{-8}) + (1.83 \times 10^{-8}) + (25.35) = 25.35\ atm$

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: حساب ثابت الاتزان بدلالة الضغط الجزئى للغاز.

١ فى التفاعل المتزن التالى :

$$2FeSO_{4(s)} \rightleftharpoons Fe_2O_{3(s)} + SO_{2(g)} + SO_{3(g)} \quad \text{at } 650^\circ C$$

إذا علمت أن الضغط الكلى عند الاتزان لغازى SO_2 ، SO_3 يساوى 0.9 atm

ما قيمة ثابت الاتزان K_p لهذا التفاعل ؟

Ⓐ 0.81   ⓑ 0.6

ⓒ 0.45   ⓓ 0.2

فكرة الحل :

∵ الضغط الكلى = $(P_{SO_2}) + (P_{SO_3}) = 0.9$ atm

∵ عدد مولات SO_2 = عدد مولات SO_3 «من معادلة التفاعل الموزونة»

$$\therefore (P_{SO_2}) = (P_{SO_3}) = \frac{0.9}{2} = 0.45 \text{ atm}$$

$$K_p = (P_{SO_2})(P_{SO_3}) = 0.45 \times 0.45 = 0.2$$

الحل : الاختيار الصحيح : ⓓ

---

٢ فى التفاعل الانعكاسى المتزن : $H_{2(g)} + CO_{2(g)} \rightleftharpoons H_2O_{(v)} + CO_{(g)} \quad K_p = 16$

إذا كان الضغط الجزئى لكل من $H_{2(g)}$ ، $CO_{2(g)}$ عند الاتزان يساوى 1.2 atm

فما مقدار الضغط الجزئى لكل من $H_2O_{(v)}$ ، $CO_{(g)}$ ؟

الاختيارات	(P_{H_2O})	(P_{CO})
Ⓐ	5 atm	5 atm
ⓑ	4.8 atm	4.8 atm
ⓒ	2.6 atm	3.6 atm
ⓓ	2.5 atm	2.5 atm

فكرة الحـل :

$$K_p = \frac{(P_{H_2O})(P_{CO})}{(P_{H_2})(P_{CO_2})}$$

من معادلة التفاعل يتضح أن :

عدد مولات كل متفاعل = عدد مولات كل ناتج = 1 mol

$$\because (P_{H_2}) = (P_{CO_2}) = 1.2 \text{ atm}$$

$$\therefore (P_{CO}) = (P_{H_2O}) = x \text{ atm}$$

$$\therefore 16 = \frac{x^2}{1.2 \times 1.2}$$

$$\therefore x^2 = 16 \times 1.2 \times 1.2 = 23.04$$

$$(P_{CO}) = (P_{H_2O}) = \sqrt{x^2} = \sqrt{23.04} = 4.8 \text{ atm}$$

الحـل : الاختيار الصحيح : (ب)

---

٣ من التفاعل المتزن التالى : $A_{(g)} + 2B_{(g)} \rightleftharpoons C_{(g)} + \frac{5}{2}D_{(g)} \quad K_p = 4$

ما قيمة K_p للتفاعل المتزن : $2C_{(g)} + 5D_{(g)} \rightleftharpoons 2A_{(g)} + 4B_{(g)}$ ؟

(أ) 0.06 (ب) 2 (جـ) 8.02 (د) 16

فكرة الحـل :

(1) $A_{(g)} + 2B_{(g)} \rightleftharpoons C_{(g)} + \frac{5}{2}D_{(g)} \quad K_p = 4$

(2) $2C_{(g)} + 5D_{(g)} \rightleftharpoons 2A_{(g)} + 4B_{(g)} \quad K_p = ?$

للوصول بالمعادلة (1) إلى المعادلة (2)، يتم ضرب معاملات المعادلة (1) × 2 :

(3) $2A_{(g)} + 4B_{(g)} \rightleftharpoons 2C_{(g)} + 5D_{(g)} \quad K_p^` = (K_p)^2 = 16$

∵ المعادلة (2) تمثل التفاعل العكسى للمعادلة (3).

$$\therefore K_p \text{ «للمعادلة (2)»} = \frac{1}{K_p^` \text{ «للمعادلة (3)»}}$$

$$K_p = \frac{1}{16} = 0.06$$

الحـل : الاختيار الصحيح : (أ)

٤ تتساوى قيمتى K_c ، K_p للتفاعل ....

Ⓐ $2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2SO_{3(g)}$

Ⓑ $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$

Ⓒ $PCl_{5(g)} \rightleftharpoons PCl_{3(g)} + Cl_{2(g)}$

Ⓓ $H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$

فكرة الحل :

تتساوى قيمتى K_c ، K_p للتفاعل الغازى المتجانس عند تساوى عدد مولات المتفاعلات مع عدد مولات النواتج فى معادلة التفاعل الموزونة.

الحل : الاختيار الصحيح : Ⓓ

تطبيقات على تأثير تغير الضغط على اتزان التفاعلات الكيميائية الانعكاسية فى ضوء قاعدة لوشاتيليه

تصنف التفاعلات الغازية الانعكاسية المتزنة تبعًا لعدد مولات المتفاعلات و النواتج إلى :

- **أ** تفاعلات لا يتساوى فيها عدد مولات المتفاعلات مع عدد مولات النواتج
- **ب** تفاعلات يتساوى فيها عدد مولات المتفاعلات مع عدد مولات النواتج

أ أثر تغير الضغط على اتزان التفاعلات التى لا يتساوى فيها عدد مولات المتفاعلات مع عدد مولات النواتج

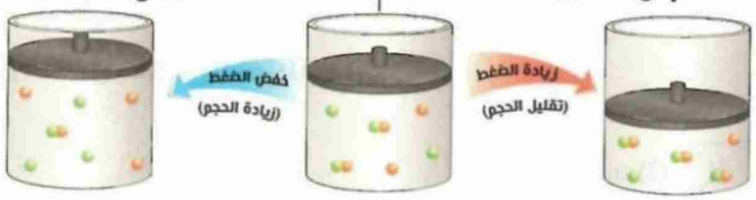
فى التفاعل الافتراضى الغازى الانعكاسى المتزن التالى :

$$A + B \rightleftharpoons AB$$

1 mol + 1 mol → 2 mol (عدد مولات جزيئات المتفاعلات) > 1 mol (عدد مولات جزيئات النواتج)

طبقًا لقاعدة لوشاتيليه

عند زيادة الضغط الخارجى	عند خفض الضغط الخارجى
بتقليل حجم وعاء التفاعل	بزيادة حجم وعاء التفاعل
بضغط المكبس لأسفل	برفع المكبس لأعلى



فإن التفاعل

ينشط فى الاتجاه الطردى	ينشط فى الاتجاه العكسى
«اتجاه تكوين العدد الأقل من مولات الغازات»	«اتجاه تكوين العدد الأكبر من مولات الغازات»

حتى يعود التفاعل لحالة الاتزان مرة أخرى

تطبيق فى التفاعل المتزن المقابل :

$$CO_{(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons CH_{4(g)} + H_2O_{(v)}$$

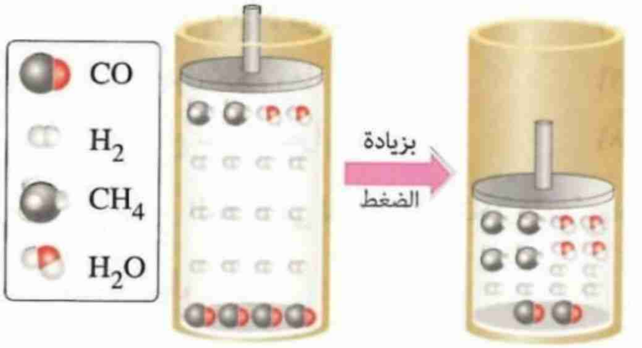
1 mol 3 mol 1 mol 1 mol

4 mol > 2 mol

(عدد مولات جزيئات المتفاعلات) (عدد مولات جزيئات النواتج)

عند :

- **زيادة** الضغط الخارجى ينشط التفاعل فى **الاتجاه الطردى** (اتجاه تكوين العدد **الأقل** من مولات الغازات) تكوين المزيد من CH_4 ، H_2O
- **خفض** الضغط الخارجى ينشط التفاعل فى **الاتجاه العكسى** (اتجاه تكوين العدد **الأكبر** من مولات الغازات) تكوين المزيد من CO ، H_2



مثال ①

وضح أثر زيادة الضغط ورفع درجة الحرارة – كلًا على حدى – على معدل تكوين غاز النشادر من عنصريه، تبعًا للمعادلة :

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)} \quad \Delta H = -92\ kJ$$

الحل

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)} \quad \Delta H = -92\ kJ$$

4 mol 2 mol

* **أثر زيادة الضغط** : عند زيادة الضغط ينشط التفاعل فى **الاتجاه الطردى** (اتجاه تكوين العدد الأقل من مولات الغازات) أى يزداد معدل تكوين غاز النشادر.

* **أثر زيادة درجة الحرارة** :

∵ التفاعل طارد للحرارة $(\Delta H = (-))$.

∴ عند رفع درجة الحرارة ينشط التفاعل فى **الاتجاه العكسى**.

∴ يقل معدل تكوين غاز النشادر.

مثال ٢

التفاعل الآتى يعبر عن نظام فى حالة اتزان :

$$Energy + N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$$

(١) وضح أثر العوامل الآتية على اتجاه إزاحة النظام «بدون تفسير».

(١) : إضافة المزيد من N_2O_4 (٢) : إضافة المزيد من NO_2

(٣) : نزع N_2O_4 من حيز التفاعل. (٤) : نزع NO_2 من حيز التفاعل.

(٥) : تقليل حجم وعاء التفاعل. (٦) : زيادة حجم وعاء التفاعل.

(٧) : رفع درجة الحرارة. (٨) : خفض درجة الحرارة.

(٢) ما التغير الحادث فى لون الخليط الغازى عند زيادة الضغط ؟

الحل

(١) يزاح التفاعل فى الاتجاه الطردى (اتجاه تكوين المزيد من غاز NO_2) فى الحالات (١) ، (٤) ، (٦) ، (٧).

يزاح التفاعل فى الاتجاه العكسى (اتجاه تكوين المزيد من غاز N_2O_4) فى الحالات (٢) ، (٣) ، (٥) ، (٨).

(٢) عند زيادة الضغط ينشط التفاعل فى اتجاه تكوين العدد الأقل من مولات الغازات (اتجاه تكوين المزيد من غاز N_2O_4) ولهذا تخف درجة لون غاز NO_2 البنى المحمر حتى الزوال.



ب أثر تغير الضغط على اتزان التفاعلات التى يتساوى فيها عدد مولات المتفاعلات مع عدد مولات النواتج

فى التفاعل المتزن المقابل :

$$CO_{(g)} + NO_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{2(g)} + NO_{(g)}$$

1 mol 1 mol 1 mol 1 mol

2 mol = 2 mol

(عدد مولات جزيئات المتفاعلات) (عدد مولات جزيئات النواتج)

نشاط التفاعل فى أيًا من الاتجاهين – الطردى أو العكسى – لن يؤثر فى عدد مولات الغازات وبالتالى فإن تغيير الضغط الخارجى الواقع على التفاعل لن يؤثر فى موضع الاتزان وعليه لا تتغير قيمة ثابت الاتزان K_p له «عند نفس درجة الحرارة»

مثال ١

وضح أثر كل مما يأتى على مقدار ثابت الاتزان للتفاعل الانعكاسى المتزن التالى :

$$N_{2(g)} + O_{2(g)} + Heat \rightleftharpoons 2NO_{(g)}$$

(١) رفع درجة الحرارة. (٢) زيادة الضغط. (٣) زيادة [NO].

الحل

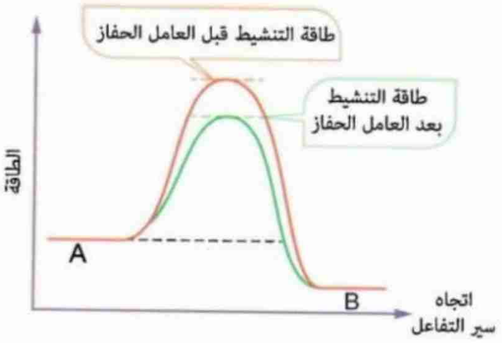
(١) عند رفع درجة حرارة تفاعل ماص للحرارة، ينشط التفاعل فى الاتجاه الطردى، وبالتالى تزداد قيمة ثابت الاتزان.

(٢) عند زيادة ضغط تفاعل يتساوى فيه عدد مولات جزيئات المتفاعلات مع عدد مولات جزيئات النواتج، لا تتغير قيمة ثابت الاتزان.

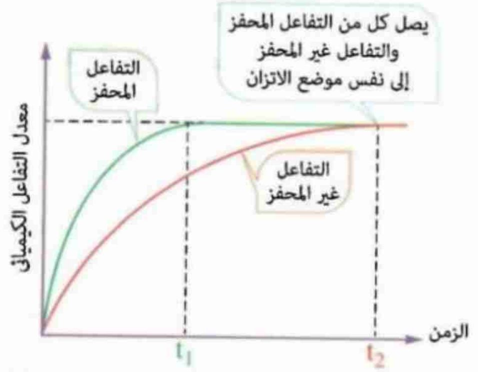
(٣) زيادة تركيز أيًا من المتفاعلات أو النواتج – عند نفس درجة الحرارة – لا يغير من قيمة ثابت اتزان التفاعل.

ملحوظة

يؤثر العامل الحفاز فى معدل التفاعل الكيميائى ولكنه لا يؤثر فى موضع الاتزان فى التفاعلات الانعكاسية.



يقلل العامل الحفاز من طاقة التنشيط



يقلل العامل الحفاز من الزمن اللازم لإجراء التفاعل

لأن العامل الحفاز يزيد من معدل التفاعل الكيميائى حيث يقلل من طاقة التنشيط اللازمة لبدء التفاعل ولكنه لا يؤثر فى موضع الاتزان لأنه يغير معدل التفاعل الطردى بنفس مقدار تغير معدل التفاعل العكسى.

مثال ٢

فى التفاعل المتزن المقابل :

$$SO_{3(g)} \rightleftharpoons SO_{2(g)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} \qquad \Delta H = (+)$$

وضح أثر تغير كل مما يأتى على تغيير اتجاه التفاعل :

(١) زيادة تركيز غاز الأكسچين. (٢) رفع درجة الحرارة.
(٣) زيادة الضغط. (٤) إضافة عامل حفاز.

الحل

(١) ينشط التفاعل فى الاتجاه العكسى.

(٢) ∵ التفاعل ماص للحرارة. ∴ ينشط التفاعل فى الاتجاه الطردى.

(٣) ينشط التفاعل فى الاتجاه العكسى (اتجاه تكوين العدد الأقل من مولات الغازات).

(٤) لا يغير من اتجاه التفاعل، لأنه لا يغير من موضع الاتزان (يزداد معدل التفاعل الطردى بنفس مقدار زيادة معدل التفاعل العكسى).

ملخص تأثير تغير العوامل المختلفة على اتزان التفاعلات الكيميائية الانعكاسية

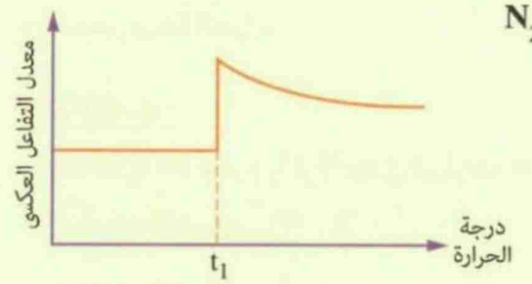
	التغير الحادث	تأثيره على: اتجاه إزاحة التفاعل	تأثيره على: ثابت الاتزان
فى التركيز		يزاح التفاعل فى :	
	(١) زيادة تركيز أحد المتفاعلات المناسبة.	• الاتجاه الطردى.	• لا يتأثر.
	(٢) نقص تركيز أحد المتفاعلات المناسبة.	• الاتجاه العكسى.	• لا يتأثر.
	(٣) زيادة تركيز أحد النواتج المناسبة.	• الاتجاه العكسى.	• لا يتأثر.
	(٤) نقص تركيز أحد النواتج المناسبة.	• الاتجاه الطردى.	• لا يتأثر.
فى درجة الحرارة		يزاح التفاعل فى :	
	(١) رفع درجة حرارة تفاعل طارد للحرارة.	• الاتجاه العكسى.	• يقل.
	(٢) خفض درجة حرارة تفاعل طارد للحرارة.	• الاتجاه الطردى.	• يزداد.
	(٣) رفع درجة حرارة تفاعل ماص للحرارة.	• الاتجاه الطردى.	• يزداد.
	(٤) خفض درجة حرارة تفاعل ماص للحرارة.	• الاتجاه العكسى.	• يقل.
فى الضغط	(١) زيادة الضغط (نقص الحجم).	• يزاح التفاعل فى الاتجاه الذى يكون عدد مولات الغاز فيه أقل.	• لا يتأثر.
	(٢) خفض الضغط (زيادة الحجم).	• يزاح التفاعل فى الاتجاه الذى يكون عدد مولات الغاز فيه أكبر.	• لا يتأثر.
	(٣) زيادة أو خفض الضغط فى التفاعلات التى يكون فيها (عدد مولات الغازات المتفاعلة = عدد مولات الغازات الناتجة)	• لا يتأثر.	• لا يتأثر.
عند إضافة عامل حفاز	إضافة العوامل الحفازة إلى التفاعلات المتزنة	• لا يتأثر.	• لا يتأثر.

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: استنتاج العوامل التى تؤثر على حالة الاتزان.

١ الشكل البيانى المقابل يعبر عن معدل التفاعل العكسى للمعادلة التالية :

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)} + Energy$$



ما الذى أدى إلى التغير الحادث عند t_1 ؟

ⓐ زيادة $[H_2]$.

ⓑ زيادة $[N_2]$.

ⓒ زيادة $[NH_3]$.

ⓓ خفض $[NH_3]$.

فكرة الحل :

∵ التفاعل الحادث طارد للحرارة.

∴ معدل التفاعل العكسى يزداد عند درجة الحرارة t_1 بشكل مفاجئ نتيجة إضافة المزيد من NH_3 إلى خليط التفاعل (زيادة تركيزه).

الحل : الاختيار الصحيح : ⓒ

---

٢ المعادلة التالية تعبر عن تفاعل فى حالة اتزان :

$$2NO_{(g)} \rightleftharpoons N_{2(g)} + O_{2(g)} \qquad \Delta H = -180\ kJ$$

كل مما يأتى يعتبر صحيحًا، عدا ....

ⓐ تغيير الضغط مع ثبات درجة الحرارة لا يؤثر فى ثابت اتزان التفاعل.

ⓑ تغيير الحجم مع ثبات درجة الحرارة لا يؤثر فى ثابت اتزان التفاعل.

ⓒ يزداد تفكك غاز NO عند درجات الحرارة المرتفعة.

ⓓ يزداد تفكك غاز NO عند خفض درجة الحرارة.

فكرة الحل :

∵ ثابت اتزان التفاعل الانعكاسى المتزن يتغير فقط بتغير درجة حرارة التفاعل.

∴ يستبعد الاختيارين ⓐ ، ⓑ

∵ رفع درجة حرارة تفاعل متزن طارد للحرارة $\Delta H = (-)$ يجعله ينشط فى الاتجاه العكسى.

∴ رفع درجة الحرارة يؤدى إلى تكوين المزيد من غاز NO (وليس تفكك المزيد منه).

الحل : الاختيار الصحيح : ⓒ

٣ فى التفاعل المتزن المقابل : $N_2O_{4(g)} + 58\ kJ \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$

ما المؤثر الخارجى الذى يؤدى إلى إزاحة الاتزان إلى اليمين ؟

أ إضافة NO_2 ب نزع N_2O_4

ج خفض درجة الحرارة. د زيادة حجم وعاء التفاعل.

فكرة الحل :

∵ إضافة NO_2 أو نزع N_2O_4 يؤدى إلى إزاحة الاتزان جهة اليسار.

∴ يستبعد الاختيارين أ ، ب

∵ التفاعل ماص للحرارة.

∴ التفاعل المتزن يزاح جهة اليسار عند خفض درجة الحرارة.

وعليه يستبعد الاختيار ج

∵ عدد مولات الغاز المتفاعل أقل من عدد مولات الغاز الناتج.

∴ التفاعل المتزن يزاح جهة اليمين عند تقليل الضغط الخارجى (زيادة حجم وعاء التفاعل).

الحل : الاختيار الصحيح : د

---

٤ فى التفاعل المتزن : $X_{2(g)} + 3Y_{2(g)} \rightleftharpoons 2XY_{3(g)}$

ما العلاقة بين معدل كل من التفاعل الطردى و التفاعل العكسى عند إضافة عامل حفاز لهذا التفاعل ؟



أ



ب



ج



د

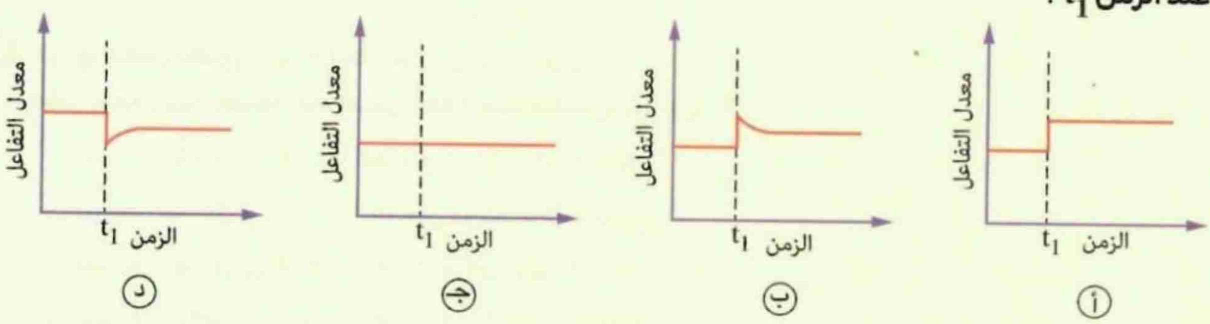
فكرة الحل :

∵ إضافة عامل حفاز إلى تفاعل انعكاسى متزن يزيد من معدل التفاعل العكسى بنفس مقدار الزيادة فى معدل التفاعل الطردى.

∴ معدل التفاعل الطردى يتناسب طرديًا مع معدل التفاعل العكسى.

الحل : الاختيار الصحيح : د

٥ أى الأشكال البيانية الآتية يعبر عن معدل التفاعل عند إضافة عامل حفاز إلى تفاعل انعكاسى متزن عند الزمن t_1 ؟



فكرة الحـل :

∵ العامل الحفاز يزيد من معدل التفاعل الكيميائى.

∴ يستبعد الاختيارين ج ، د

∵ العامل الحفاز لا يؤثر فى موضع الاتزان لأنه يغير معدل التفاعل الطردى بنفس مقدار التغير فى معدل التفاعل العكسى.

∴ يستبعد الاختيار ب

الحـل : الاختيار الصحيح : أ

---

٦ التفاعل الكيميائى الانعكاسى التالى طارد للحرارة ويُجرى على خطوتين :

$$A_{2(g)} + B_{2(g)} \underset{}{\overset{\text{(1) الخطوة}}{\rightleftharpoons}} 3C_{(g)} \overset{\text{(2) الخطوة}}{\rightleftharpoons} D_{(g)}$$

أى مما يلى يُعبر عن نشاط خطوتى التفاعل ؟

الاختيارات	الخطوة (1)	الخطوة (2)
أ	رفع درجة الحرارة وزيادة الضغط	خفض درجة الحرارة وتقليل الضغط
ب	خفض درجة الحرارة وتقليل الضغط	خفض درجة الحرارة وزيادة الضغط
ج	خفض درجة الحرارة وزيادة الضغط	رفع درجة الحرارة وتقليل الضغط
د	رفع درجة الحرارة وتقليل الضغط	رفع درجة الحرارة وزيادة الضغط

فكرة الحـل :

∵ عدد مولات ناتج الخطوة (1) أكبر من عدد مولات المتفاعلات.

∴ النظام فى الخطوة (1) يتم فيه تقليل الضغط لينشط التفاعل فى الاتجاه الطردى (اتجاه تكوين C).

وعليه يتم استبعاد الاختيارين أ ، ج

∵ التفاعل طارد للحرارة وينشط فى الاتجاه الطردى (اتجاه تكوين D).

∴ النظام فى الخطوة (2) يتم فيه خفض درجة الحرارة.

الحـل : الاختيار الصحيح : ب

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: تطبيق قاعدة لوشاتيليه على بعض التفاعلات المتزنة.

١ **دورق مغلق يحتوى على خليط غازى فى حالة اتزان.**
ماذا يحدث عند إضافة المزيد من أحد المتفاعلات إلى الدورق ؟

(أ) ينشط التفاعل فى الاتجاه العكسى فيقل تركيز النواتج.
(ب) ينشط التفاعل فى الاتجاه العكسى فيزداد تركيز النواتج.
(جـ) ينشط التفاعل فى الاتجاه الطردى فيقل تركيز النواتج.
(د) ينشط التفاعل فى الاتجاه الطردى فيزداد تركيز النواتج.

فكرة الحل :
عند زيادة تركيز أحد المتفاعلات فى تفاعل متزن، فإن التفاعل ينشط فى الاتجاه الطردى فيزداد تركيز النواتج.

الحل : الاختيار الصحيح : (د)

---

٢ **فى النظام المتزن المقابل :** $N_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2NO_{(g)} \quad \Delta H = +181\ kJ$
ماذا يحدث عند خفض درجة الحرارة ؟

(أ) ينشط النظام فى الاتجاه العكسى فتقل قيمة K_c
(ب) ينشط النظام فى الاتجاه العكسى فتزداد قيمة K_c
(جـ) ينشط النظام فى الاتجاه الطردى فتزداد قيمة K_c
(د) ينشط النظام فى الاتجاه الطردى فتقل قيمة K_c

فكرة الحل :
∵ عند خفض درجة حرارة تفاعل متزن ماص للحرارة، فإنه ينشط فى الاتجاه العكسى.
∴ يستبعد الاختيارين (جـ) ، (د)
∵ عند نشاط تفاعل متزن فى الاتجاه العكسى، فإن تركيز النواتج يقل وتركيز المتفاعلات يزداد.
∴ تقل قيمة K_c عند خفض درجة الحرارة.

الحل : الاختيار الصحيح : (أ)

---

٣ **أى التفاعلات المتزنة الآتية ينشط فى الاتجاه الطردى بزيادة الضغط الخارجى ؟**

(أ) $H_{2(g)} + I_{2(v)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$
(ب) $N_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2NO_{(g)}$
(جـ) $2NH_{3(g)} \rightleftharpoons N_{2(g)} + 3H_{2(g)}$
(د) $2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2SO_{3(g)}$

فكرة الحل :

∵ التفاعلات الانعكاسية التى يتساوى فيها عدد مولات الغازات المتفاعلة مع عدد مولات الغازات الناتجة، لا يتأثر موضع اتزانها بتغير الضغط الخارجي.

∴ يستبعد الاختيارين (أ) ، (ب)

∵ عند زيادة الضغط الخارجي على نظام متزن فإنه ينشط فى اتجاه تكوين العدد الأقل من مولات الغازات.

∴ ينشط تفاعل تكوين غاز SO_3 (الاتجاه الطردى) بزيادة الضغط الخارجي.

الحل : الاختيار الصحيح : (د)

---

٤ **المعادلة التالية تعبر عن نظام فى حالة اتزان كيميائى :**

$$NH^+_{4(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + NH_{3(aq)}$$

ما أثر إضافة قطرات من HCl إلى هذا النظام المتزن ؟

(أ) يزداد كل من $[NH_3]$ ، $[NH_4^+]$

(ب) يقل كل من $[NH_3]$ ، $[NH_4^+]$

(جـ) يقل $[NH_3]$ ويزداد $[NH_4^+]$

(د) يزداد $[NH_3]$ ويقل $[NH_4^+]$

فكرة الحل :

∵ إضافة HCl إلى النظام المتزن يزيد من $[H_3O^+]$ وهو ما يؤدى إلى زيادة معدل التفاعل العكسى طبقًا لقاعدة لوشاتيليه.

∴ يقل تركيز NH_3 ويزداد تركيز NH_4^+

الحل : الاختيار الصحيح : (جـ)

---

٥ **فى التفاعل المتزن :** $A_{(g)} + 3B_{(g)} \rightleftharpoons 2C_{(g)}$ $\quad \Delta H = -90\ kJ/mol$

إذا كانت قيمة K_p عند 600 K تساوى 4.62×10^{-3} فإن قيمة K_p عند 800 K تساوى ....

(أ) 5.3×10^{-2}

(ب) 5.05×10^{-5}

(جـ) 4.62×10^{-3}

(د) 8.7×10^{-1}

فكرة الحل :

∵ عند رفع درجة حرارة تفاعل متزن طارد للحرارة $\Delta H = (-)$ ، فإن التفاعل ينشط فى الاتجاه العكسى الذى تزداد فيه الضغوط الجزئية للمتفاعلات وتقل فيه الضغوط الجزئية للنواتج وبالتالى تقل قيمة ثابت الاتزان.

∴ قيمة K_p سوف تقل عن 4.62×10^{-3}

الحل : الاختيار الصحيح : (ب)

تمهيدى الدرس الثالث

١ تصنيف المحاليل تبعًا لقدرتها على توصيل الكهرباء

تصنف المحاليل تبعًا لقدرتها على توصيل الكهرباء، إلى :

محاليل إلكتروليتية

محاليل توصل التيار الكهربى عن طريق حركة أيوناتها

تصنف إلى

إلكتروليتات قوية

مواد تامة التأين توصل التيار الكهربى بدرجة كبيرة

أمثلة

* محلول (أو مصهور) كلوريد الصوديوم $NaCl$
* حمض الهيدروكلوريك HCl

إلكتروليتات ضعيفة

مواد غير تامة التأين توصل التيار الكهربى بدرجة ضعيفة

أمثلة

* حمض الأسيتيك CH_3COOH
* الماء النقى H_2O

محاليل لا إلكتروليتية

محاليل لا توصل التيار الكهربى لعدم احتوائها على أيونات

أمثلة

* محلول كلوريد الهيدروجين فى البنزين.
* محلول سكر المائدة فى الماء.

٢ الأحماض و القواعد فى ضوء نظرية أرهينيوس

الحمض

المادة التى تذوب فى الماء وتعطى أيونات الهيدروجين الموجبة H^+

$$HX_{(aq)} \longrightarrow H^+_{(aq)} + X^-_{(aq)}$$

القاعدة

المادة التى تذوب فى الماء وتعطى أيونات الهيدروكسيد OH^-

$$MOH_{(aq)} \longrightarrow M^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

٣ الأحماض القوية

◂ هى الأحماض تامة التأين فى الماء، ويوضح الجدول الآتى معظم الأحماض القوية ومعادلات تأينها :

الحمض	معادلة التأين
حمض الهيدروكلوريك	$HCl_{(aq)} \longrightarrow H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$
حمض الهيدروبروميك	$HBr_{(aq)} \longrightarrow H^+_{(aq)} + Br^-_{(aq)}$
حمض الهيدرويوديك	$HI_{(aq)} \longrightarrow H^+_{(aq)} + I^-_{(aq)}$
حمض النيـــتريـــك	$HNO_{3(aq)} \longrightarrow H^+_{(aq)} + NO^-_{3(aq)}$
حمض البيروكلوريـــك	$HClO_{4(aq)} \longrightarrow H^+_{(aq)} + ClO^-_{4(aq)}$
حمض الكبريتيـــك	$H_2SO_{4(aq)} \longrightarrow 2H^+_{(aq)} + SO^{2-}_{4(aq)}$

٤ القواعد القوية

◂ هى القواعد تامة التأين فى الماء، ويوضح الجدولين الآتيين بعض القواعد القوية ومعادلات تفككها :

القاعدة	معادلة التفكك
هيدروكسيد الصوديـــوم	$NaOH_{(aq)} \longrightarrow Na^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$
هيدروكسيد البوتاســيوم	$KOH_{(aq)} \longrightarrow K^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$

بعض هيدروكسيدات فلزات المجموعة (1A)

القاعدة	معادلة التفكك
هيدروكسيد الكالســـيوم	$Ca(OH)_{2(aq)} \longrightarrow Ca^{2+}_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)}$
هيدروكسيد البـاريـــوم	$Ba(OH)_{2(aq)} \longrightarrow Ba^{2+}_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)}$

بعض هيدروكسيدات فلزات المجموعة (2A)

٥ الأحماض والقواعد فى ضوء نظرية برونشتد - لورى

الحمض	القاعدة
المادة التى تمنح بروتونًا H^+ لمادة أخرى	المادة التى تستقبل بروتونًا H^+ من مادة أخرى

تكتسب بروتونًا وتتحول إلى

$$HCO^-_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_2CO_{3(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

قاعدة قوية — حمض ضعيف — حمض ضعيف — قاعدة قوية

يفقد بروتونًا ويتحول إلى



تطبيقات قانون فعل الكتلة على حالات الاتزان الأيونى

يستخدم الماء بشكل كبير – كمذيب – فى تحضير المحاليل التى تُحدث معظم التفاعلات الكيميائية، وسوف تتركز دراستنا على **تطبيقات قانون فعل الكتلة على الاتزان الأيونى للمحاليل المائية**، **وهى :**

- **أولاً** المحاليل الإلكتروليتية
- **ثانيا** تأين الماء
- **ثالثا** التحلل المائى للأملاح
- **رابعا** حاصل الإذابة

أولاً المحاليل الإلكتروليتية

تصنف المركبات الكيميائية، إلى :

مركبات أيونية

ترتبط أيوناتها الموجبة (الكاتيونات) بأيوناتها السالبة (الأنيونات) بقوى جذب إلكتروستاتيكية

مثل

ملح كلوريد الصوديوم

مركبات تساهمية

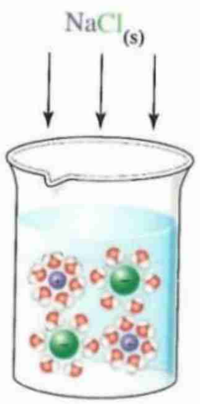
ترتبط ذراتها بروابط تساهمية

مثل

غاز كلوريد الهيدروچين الجاف | حمض الخليك

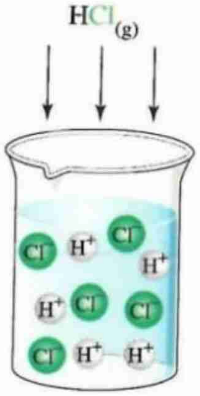
وعند ذوبانها فى الماء

يتفكك كلوريد الصوديوم NaCl إلى أيونات صوديوم موجبة (Na^+) وأيونات كلوريد (Cl^-)



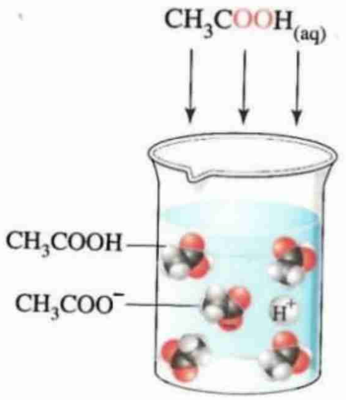
كلوريد الصوديوم يتفكك تمامًا فى الماء

يتأين كلوريد الهيدروچين HCl تأينًا تامًا (أى بنسبة 100% تقريبًا)



حمض الهيدروكلوريك تام التأين

يتأين حمض الخليك CH_3COOH تأينًا محدودًا جدًا



حمض الأسيتيك غير تام التأين

◂ **فى ضوء ما سبق فإنه يمكن التعبير عن عملية تحول الجزيئات غير المتأينة إلى أيونات بالتأين.**

يصنف التأين إلى :

تأين تام

هو عملية تحول كل الجزيئات غير المتأينة
إلى أيونات، فى المحاليل المائية
للإلكتروليتات القوية

يتمثل فى

التأين التام لبعض المركبات التساهمية
فى الماء والذى يعبر عنه
بالمعادلة التالية :

$$AB_{(aq)} \longrightarrow A^+_{(aq)} + B^-_{(aq)}$$

تأين ضعيف

هو عملية تحول جزء ضئيل من الجزيئات غير المتأينة
إلى أيونات فى المحاليل المائية
للإلكتروليتات الضعيفة

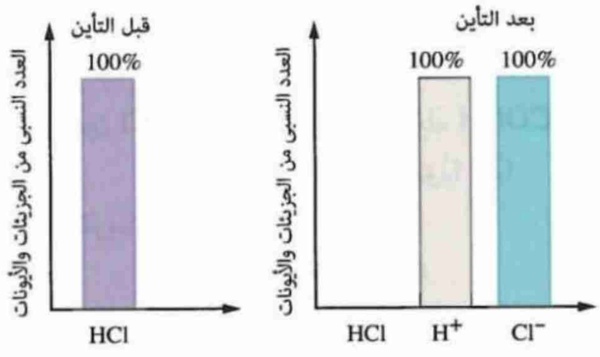
يتمثل فى

التأين الضعيف لمعظم المركبات التساهمية
فى الماء والذى يعبر عنه
بالمعادلة التالية :

$$XY_{(aq)} \rightleftharpoons X^+_{(aq)} + Y^-_{(aq)}$$

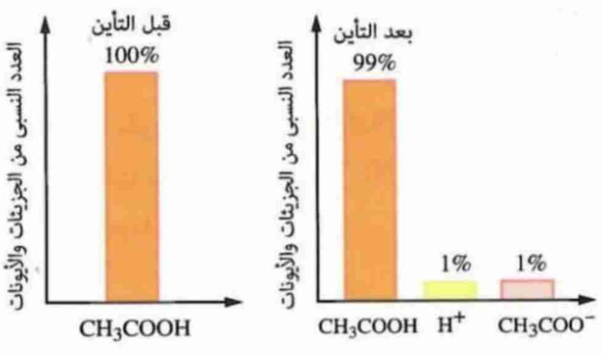
تطبيق

التأين التام فى محلول حمض HCl القوى



$$HCl_{(aq)} \longrightarrow H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

التأين الضعيف فى محلول حمض CH_3COOH الضعيف



$$CH_3COOH_{(aq)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + CH_3COO^-_{(aq)}$$

ويمكن الاستدلال على عمليتى التأين التام و التأين الضعيف باجراء التجربتين التاليتين :

تجربة ١ اختبار التوصيل الكهربى لكل من غاز كلوريد الهيدروچين الذائب فى البنزين وحمض الخليك النقى

الخطوات

اختبر التوصيل الكهربى لكل من :

- غاز كلوريد الهيدروچين الذائب فى البنزين.
- حمض الخليك النقى (الثلجى).

المشاهدة

عدم إضاءة المصباح فى كلتا الحالتين.

الاستنتاج

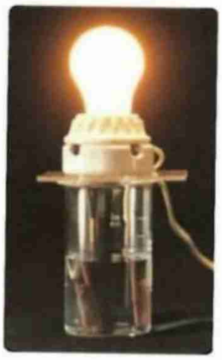
محلول غاز كلوريد الهيدروچين فى البنزين وحمض الخليك النقى .. كلاهما **لا يحتويا** على أيونات توصل التيار الكهربى، لذا يعتبرا من **اللاإلكتروليتات**.

تجربة ٢ تأثير التخفيف على تأين محلولى حمض الهيدروكلوريك و حمض الخليك

الخطوات

اختبر التوصيل الكهربى للمحلول المائى لكل من حمض الهيدروكلوريك وحمض الخليك عندما يكون تركيز كل منهما 0.1 M وقارن ذلك بعد تخفيف كل منهما إلى 0.01 M ثم 0.001 M ... ماذا تلاحظ ؟

المشاهدة





١ فى حالة حمض الهيدروكلوريك :

إضاءة المصباح تكون قوية، ولا تتأثر شدة الإضاءة بالتخفيف.

٢ فى حالة حمض الخليك :

إضاءة المصباح تكون خافتة عندما يكون تركيز الحمض 0.1 M وتزداد شدة الإضاءة بالتخفيف.

الاستنتاج

١ حمض الهيدروكلوريك من الأحماض **القوية تامة التأين** والتى لا يتأثر تأينها بالتخفيف، ويعبر عن تأينه التام بالمعادلة التالية :

$$HCl_{(aq)} \longrightarrow H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

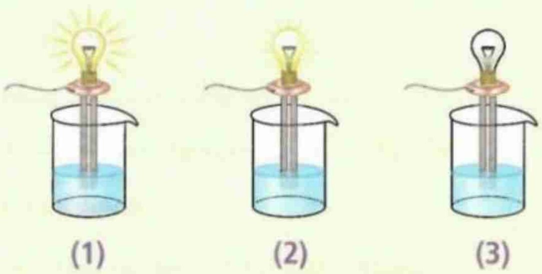
٢ حمض الخليك من الأحماض **الضعيفة غير تامة التأين** والتى يزداد تأينها بالتخفيف، ويعبر عن تأينه غير التام بالمعادلة التالية :

$$CH_3COOH_{(aq)} \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$$

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: المقارنة بين أنواع المحاليل (إلكتروليتات - لاإلكتروليتات).

الأشكال المقابلة توضح : ثلاث تجارب للمقارنة بين التوصيل الكهربى لثلاثة محاليل مختلفة تركيز كل منها 1 M
أى مما يأتى يعبر عن هذه المحاليل ؟



الاختيارات	التجربة (1)	التجربة (2)	التجربة (3)
Ⓐ	محلول ملح الطعام	حمض الهيدروكلوريك	حمض النيتريك
Ⓑ	حمض الكبريتيك	حمض الأسيتيك	محلول الجلوكوز
Ⓒ	حمض النيتروز	حمض الهيدروكلوريك	محلول ملح الطعام
Ⓓ	حمض النيتريك	حمض البوريك	حمض الأسيتيك

فكرة الحل :

∵ إضاءة المصباح قوية فى التجربة (1).

∴ المحلول المستخدم إلكتروليت قوى.

∵ حمض النيتروز من الأحماض الضعيفة.

∴ يستبعد الاختيار Ⓒ

∵ إضاءة المصباح ضعيفة فى التجربة (2).

∴ المحلول المستخدم إلكتروليت ضعيف.

∵ حمض الهيدروكلوريك من الأحماض القوية.

∴ يستبعد الاختيار Ⓐ

∵ المصباح لا يضىء فى التجربة (3).

∴ المحلول المستخدم لاإلكتروليت.

∵ حمض الأسيتيك إلكتروليت ضعيف.

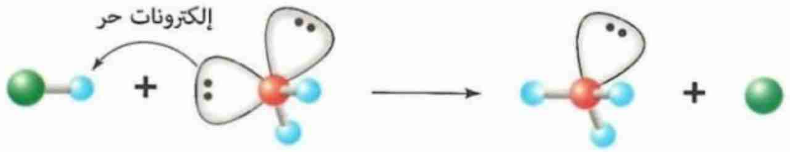
∴ يستبعد الاختيار Ⓓ

الحل : الاختيار الصحيح : Ⓑ

أيون الهيدرونيوم

◂ هو أيون موجب ينتج من اتحاد جزيء ماء مع أيون هيدروچين موجب ناتج من تأين الأحماض فى محاليلها المائية.

تطبيق أيون الهيدرونيوم الناتج من تأين غاز HCl فى الماء :



$$HCl_{(g)} + H_2\ddot{O}_{(l)} \longrightarrow H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

◂ لا يتواجد أيون الهيدروچين الموجب (البروتون) H^+ الناتج من تأين الأحماض فى محاليلها المائية منفردًا، **لارتباط** (انجذاب) أيون H^+ مع أحد زوجى الإلكترونات الحرة الموجودين على ذرة أكسچين جزيء الماء برابطة تناسقية، مكونًا أيون الهيدرونيوم H_3O^+، لذا يسمى **بالبروتون المماه.**

الاتزان الأيونى فى الإلكتروليتات الضعيفة

◂ عند حدوث التأين الضعيف للمركبات التساهمية فى الماء، فإن جزء ضئيل من جزيئاتها يتحول إلى أيونات، ويظهر فى المحلول حالتين متعاكستين، **هما :**

أ تأين القليل من الجزيئات إلى أيونات



$$CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow CH_3COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

حمض الأسيتيك — ماء — أيون الأسيتات — أيون الهيدرونيوم

ب اتحاد الأيونات معًا مكونة جزيئات



$$CH_3COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)} \longrightarrow CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

أيون الأسيتات — أيون الهيدرونيوم — حمض الأسيتيك — ماء

- **وبمرور الزمن** تنشأ حالة من الاتزان الديناميكى بين الجزيئات غير المتأينة والأيونات الناتجة.

$$CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

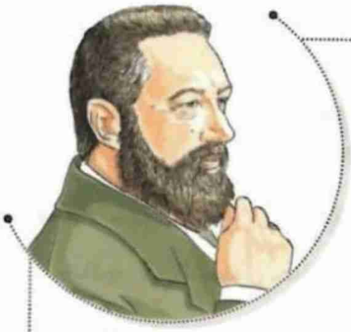
- وتعرف هذه الحالة من الاتزان الديناميكى **بالاتزان الأيونى** وهو الاتزان الناشئ فى محاليل الإلكتروليتات الضعيفة بين جزيئاتها والأيونات الناتجة عنها.

ملحوظة

لا يطبق قانون فعل الكتلة على محاليل الإلكتروليتات القوية

لأن محاليل الإلكتروليتات القوية تامة التأين، لذا فهى لا تحتوى على جزيئات غير متأينة

قانون استفالد للتخفيف



Ostwald

- تمكن **العالم استفالد** (1888) من إيجاد العلاقة بين **درجة التأين (التفكك)** (α) – **تقرأ ألفا** – **والتركيز** (C) mol/L لمحاليل الإلكتروليتات الضعيفة، **كما يتضح فيما يلى :**
- عند إذابة حمض ضعيف التأين أحادى البروتون صيغته الافتراضية HA فى الماء، فإنه يتأين تأينًا غير تام، تبعًا للمعادلة :

$$HA_{(aq)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + A^-_{(aq)}$$

- **وإذا افترضنا أن :**
  - عدد مولات HA – قبل التأين – يساوى 1 mol فى محلول حجمه V (L)
  - عدد مولات HA المتأينة يساوى (α) mol
- **فإن :**
  - عدد مولات كل من H^+ ، A^- الناتجين – عند الاتزان – يساوى (α) mol
  - عدد مولات HA غير المتأينة – عند الاتزان – يساوى ($1 - \alpha$) mol
  - تركيز HA (C) يساوى $\frac{1}{V}$ mol/L

◂ **ولتعيين تركيزات المواد عند الاتزان نجرى الحسابات التالية :**

	HA	H^+	A^-
عدد المولات قبل التأين	1 mol	0 mol	0 mol
عدد المولات بعد التأين وعند حدوث الاتزان	$(1-\alpha)$ mol	α mol	α mol
التركيزات بعد التأين وعند حدوث الاتزان	$\frac{(1-\alpha)}{V} \Rightarrow \frac{1}{V}(1-\alpha)$ $C(1-\alpha)$	$\frac{\alpha}{V} \Rightarrow \frac{1}{V}\alpha$ $C\alpha$	$\frac{\alpha}{V} \Rightarrow \frac{1}{V}\alpha$ $C\alpha$

◂ **بالتعويض فى قانون فعل الكتلة :**

ثابت التأين للحمض الضعيف (K_a) = تركيز الأيونات الناتجة / تركيز الجزيئات قبل التأين

$$\therefore K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]} = \frac{C\alpha . C\alpha}{C(1-\alpha)} = \frac{C^2\alpha^2}{C(1-\alpha)} = \frac{C\alpha^2}{(1-\alpha)}$$

∵ الحمض HA ضعيف (مقدار ما يتأين منه (α) ضئيل جدًا لدرجة إمكانية إهماله)،

فإنه يتم اعتبار المقدار $(1-\alpha) = 1$

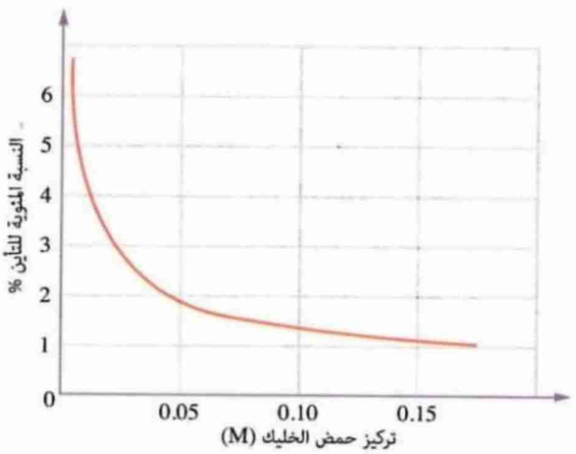
$$\therefore K_a = C\alpha^2 \xrightarrow{\text{ومنها}} \alpha^2 = \frac{K_a}{C}$$

$$\therefore \alpha = \sqrt{\frac{K_a}{C}}$$

◂ وتعرف هذه العلاقة باسم قانون استفالد للتخفيف،

وهو ينص على إنه عند ثبوت درجة الحرارة، فإن درجة تأين الإلكتروليتات الضعيفة (α) تزداد بزيادة التخفيف.

◂ كلما **زاد التخفيف** (قل تركيز الإلكتروليت الضعيف)، **زادت درجة تأينه** (تفككه) والعكس صحيح، **لتظل** قيمة ثابت التأين K_a ثابتة عند ثبوت درجة الحرارة.



تزداد درجة تأين حمض الخليك بزيادة التخفيف
(للإيضاح فقط)

◄ ويوضح الجدول الآتى الترتيب التنازلى لبعض الأحماض الضعيفة، تبعًا لتناقص قوتها (قدرتها على التأين فى الماء)، بدلالة قيمة ثابت تأينها K_a (at 25°C) :

الحمض	الصيغة الجزيئية	ثابت التأين K_a
حمض الكبريتوز	H_2SO_3	1.7×10^{-2}
حمض الهيدروفلوريك	HF	6.7×10^{-4}
حمض النيتروز	HNO_2	5.1×10^{-4}
حمض الأسيتيك	CH_3COOH	1.8×10^{-5}
حمض الكربونيك	H_2CO_3	4.4×10^{-7}
حمض البوريك	H_3BO_3	5.8×10^{-10}

تناقص قوة الأحماض بتناقص قيم K_a لها

(الجدول للإيضاح فقط)

تطبيق قانون استفالد

على :

حمض ضعيف acid

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_a}{C_a}}$$

- درجة التأين: α
- ثابت تأين الحمض الضعيف: K_a
- تركيز الحمض الضعيف (mol/L): C_a

قاعدة ضعيفة base

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_b}{C_b}}$$

- درجة التأين: α
- ثابت تأين القاعدة الضعيفة: K_b
- تركيز القاعدة الضعيفة (mol/L): C_b

مثال ١

احسب درجة تأين حمض الهيدروسيانيك، تركيزه 0.1 M (at 25°C)، علمًا بأن ثابت تأينه 7.2×10^{-10}

الحل

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_a}{C_a}} = \sqrt{\frac{7.2 \times 10^{-10}}{0.1}}$$

$$= 8.5 \times 10^{-5}$$

مثال ٢

احسب درجة تأين محلول الأمونيا $NH_{3(aq)}$ تركيزه 0.01 M (at 25°C)، علمًا بأن ثابت تأينه 1.8×10^{-5}

الحل

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_b}{C_b}} = \sqrt{\frac{1.8 \times 10^{-5}}{0.01}}$$

$$= 4.24 \times 10^{-2}$$

مثال ٣

حمض ضعيف أحادى البروتون درجة تأينه 0.008 (عند درجة حرارة $25^{\circ}C$) فى محلول تركيزه 0.15 M
احسب درجة تأينه فى محلول تركيزه 0.1 M عند نفس درجة الحرارة، وماذا تستنتج من الناتج ؟

الحـــل

∵ قيمة K_a ثابتة للحمض الواحد عند ثبوت درجة الحرارة.

$$\therefore C_1 \times \alpha_1^2 = C_2 \times \alpha_2^2$$

$$0.15 \times (0.008)^2 = 0.1 \times \alpha_2^2$$

$$\therefore \alpha_2 = \sqrt{\frac{0.15 \times (0.008)^2}{0.1}} = 0.0098$$

* الاستنتاج : تزداد درجة التأين بزيادة التخفيف (نقص التركيز) عند ثبوت درجة الحرارة، طبقًا لقانون استفالد.

حساب تركيز أيون الهيدرونيوم $[H_3O^+]$ فى محاليل الأحماض الضعيفة

- يتأين حمض الأسيتيك (تركيزه C_a) فى الماء، تبعًا للمعادلة :

$$CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

- وبنفس كيفية كتابة معادلة ثابت الاتزان K_c ،

فإنه يمكن كتابة معادلة ثابت التأين K_a لحمض الأسيتيك، كالتالى :

$$K_a = \frac{[CH_3COO^-][H_3O^+]}{[CH_3COOH]} \quad \cdots\cdots (1)$$

∵ عدد مولات أيونات الهيدرونيوم H_3O^+ = عدد مولات أيونات CH_3COO^- «من معادلة التأين» وحجم المحلول ثابت.

$$\therefore [CH_3COO^-] = [H_3O^+]$$

∴ يمكن كتابة المعادلة (1) على الصورة التالية :

$$K_a = \frac{[H_3O^+]^2}{[CH_3COOH]} \quad \cdots\cdots (2)$$

∵ درجة التأين (α) لحمض الأسيتيك الضعيف تمثل مقدار ضئيل، يمكن إهماله.

∴ يمكن اعتبار أن تركيز الحمض عند الاتزان $[CH_3COOH]$ = تركيز الحمض قبل التأين (C_a).

وبالتالى يمكن كتابة المعادلة (2) على الصورة التالية :

$$K_a = \frac{[H_3O^+]^2}{C_a} \xrightarrow{\text{ومنها}} [H_3O^+]^2 = K_a \times C_a$$

وبذلك يمكن حساب تركيز أيون الهيدرونيوم فى محاليل الأحماض الضعيفة من العلاقة :

$$[H_3O^+] = \sqrt{K_a \times C_a}$$

- $[H_3O^+]$: تركيز أيونات الهيدرونيوم فى محلول الحمض الضعيف
- K_a: ثابت تأين الحمض الضعيف
- C_a: تركيز الحمض الضعيف

مثال

احسب تركيز أيون الهيدرونيوم فى محلول تركيزه 0.1 M من حمض الأسيتيك (at 25°C)، علمًا بأن ثابت تأينه 1.8×10^{-5}

الحل

$$[H_3O^+] = \sqrt{K_a \times C_a}$$

$$= \sqrt{1.8 \times 10^{-5} \times 0.1} = 1.342 \times 10^{-3}\ M$$

حساب تركيز أيون الهيدرونيوم $[H_3O^+]$ فى محلول حمض ضعيف تركيزه (C_a) بمعلومية درجة تأينه (α)

$$[H_3O^+] = \sqrt{C_a \times K_a}$$

$$\because K_a = C_a \times \alpha^2$$

$$\therefore [H_3O^+] = \sqrt{C_a^2 \times \alpha^2}$$

$$\therefore [H_3O^+] = C_a \alpha$$

مثال

احسب تركيز أيون الهيدرونيوم فى محلول تركيزه 0.1 M من حمض الأسيتيك، علمًا بأن نسبة تأينه 1.34%

الحل

$$\alpha = \frac{1.34}{100} = 1.34 \times 10^{-2}$$

$$[H_3O^+] = \alpha\, C_a$$

$$= 1.34 \times 10^{-2} \times 0.1 = 1.34 \times 10^{-3}\ M$$

حساب تركيز أيون الهيدروكسيل $[OH^-]$ فى محاليل القواعد الضعيفة

- **القواعد الضعيفة** هى القواعد التى تتأين جزئيًا فى المحاليل المائية.
- يذوب غاز NH_3 فى الماء مكونًا محلول قاعدى ضعيف التأين، **تبعًا للمعادلة :**



$$NH_{3(g)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH^+_{4(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

- **ويمكن كتابة معادلة ثابت التأين K_b للنشادر، كالتالى :**

$$K_b = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]} \quad \text{......} (1)$$

∵ عدد مولات أيونات الهيدروكسيل OH^- = عدد مولات أيونات الأمونيوم NH_4^+ **«من معادلة التأين»** وحجم المحلول ثابت.

$$\therefore [NH_4^+] = [OH^-]$$

∴ يمكن كتابة المعادلة (1) **على الصورة التالية :**

$$K_b = \frac{[OH^-]^2}{[NH_3]} \quad \text{......} (2)$$

∵ درجة التأين (α) للقاعدة الضعيفة تمثل مقدار ضئيل، يمكن إهماله.

∴ يمكن اعتبار أن تركيز القاعدة عند الاتزان $[NH_3]$ = تركيز القاعدة قبل التأين (C_b)

وبالتالى يمكن كتابة المعادلة (2) **على الصورة التالية :**

$$K_b = \frac{[OH^-]^2}{C_b} \xrightarrow{\text{ومنها}} [OH^-]^2 = K_b \times C_b$$

- **وبذلك يمكن حساب تركيز أيون الهيدروكسيل فى محاليل القواعد الضعيفة من العلاقة :**

$$[OH^-] = \sqrt{K_b \times C_b}$$

- $[OH^-]$: تركيز أيونات الهيدروكسيل فى محلول القاعدة الضعيفة
- K_b : ثابت تأين القاعدة الضعيفة
- C_b : تركيز القاعدة الضعيفة

مثال

احسب تركيز أيون الهيدروكسيل فى محلول تركيزه 0.2 M من الميثيل أمين CH_3NH_2 (at 25°C) علمًا بأن ثابت تأينه 3.6×10^{-4}

الحل

$$[OH^-] = \sqrt{K_b \times C_b} = \sqrt{3.6 \times 10^{-4} \times 0.2} = 8.5 \times 10^{-3}\ M$$

حساب تركيز أيون الهيدروكسيل $[OH^-]$ فى محلول قاعدة ضعيفة تركيزها C_b بمعلومية درجة تأينها (α)

$$[OH^-] = \sqrt{C_b \times K_b}$$

$$\because K_b = C_b \times \alpha^2$$

$$\therefore [OH^-] = \sqrt{C_b^2 \times \alpha^2}$$

$$\therefore [OH^-] = C_b\alpha$$

مثال

احسب تركيز أيون الهيدروكسيل فى محلول تركيزه 0.1 M من هيدروكسيد الأمونيوم، علمًا بأن نسبة تأينه 1.27%

الحل

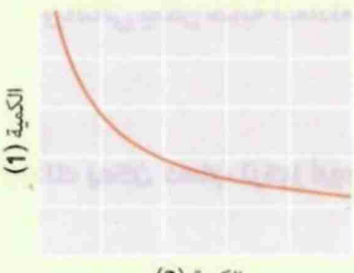
$$\alpha = \frac{1.27}{100} = 1.27 \times 10^{-2}$$

$$[OH^-] = \alpha\, C_b = 1.27 \times 10^{-2} \times 0.1 = 1.27 \times 10^{-3}\ M$$

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: استنتاج مفهوم الاتزان الأيونى فى الإلكتروليتات الضعيفة.

1 الشكل البيانى المقابل : يعبر عن العلاقة بين الكمية (1) الممثلة على المحور الصادى والكمية (2) الممثلة على المحور السينى بالنسبة للحمض (X).



أى مما يلى يعبر عن كل من (1) ، (2) ، (X) ؟

الاختيارات	الكمية (1)	الكمية (2)	الحمض (X)
Ⓐ	النسبة المئوية لتأين الحمض	تركيز الحمض	حمض الهيدروكلوريك
Ⓑ	تركيز الحمض	النسبة المئوية لتأين الحمض	حمض الأسيتيك
Ⓒ	تركيز الحمض	النسبة المئوية لتأين الحمض	حمض النيتريك
Ⓓ	النسبة المئوية لتأين الحمض	تركيز الحمض	حمض الفورميك

فكرة الحـل :

∵ الأحماض القوية (مثل حمض الهيدروكلوريك وحمض النيتريك) تامة التأين.

∴ يستبعد الاختيارين (أ) ، (ج)

∵ الأحماض الضعيفة (مثل حمض الأسيتيك وحمض الفورميك) تزداد درجة تأينها بزيادة التخفيف.

∴ المحور الصادى لابد وأن يعبر عن النسبة المئوية لتأين الحمض، بينما
المحور السينى لابد وأن يعبر عن تركيز الحمض.

الحـل : الاختيار الصحيح : (د)

---

(٢) مـن الجـدول المقـابـل :
أى المحـاليـل الآتـيـة يكـون درجة تأين المذاب فيه هى الأكبر ؟

المحلول	K_a(at 25°C)
CH_3COOH	1.8×10^{-5}
HCN	0.2×10^{-10}

(أ) محلول HCN تركيزه 0.1 M

(ب) محلول HCN تركيزه 0.01 M

(ج) محلول CH_3COOH تركيزه 0.01 M

(د) محلول CH_3COOH تركيزه 0.001 M

فكرة الحـل :

∵ K_a لحمض CH_3COOH أكبر مما لحمض HCN

∴ درجة تأين CH_3COOH أكبر من درجة تأين HCN

وعليه يتم استبعاد الاختيارين (أ) ، (ب)

∵ درجة تأين الأحماض الضعيفة تزداد بزيادة التخفيف.

∴ درجة تأين حمض CH_3COOH الأقل تركيزًا (0.001 M) أكبر من درجة تأين نفس الحمض الأكبر
تركيزًا (0.01 M).

الحـل : الاختيار الصحيح : (د)

---

(٣) حمض عضوى ثابت تأينه 1×10^{-5} ما درجة تأين الحمض عندما يكون تركيزه 0.1 M ؟

(أ) 10^{-2} (ب) 10^{-3} (ج) 10^{-4} (د) 10^{-5}

فكرة الحـل :

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_a}{C_a}} = \sqrt{\frac{1 \times 10^{-5}}{0.1}} = 0.01$$

الحـل : الاختيار الصحيح : (أ)

٤ ما تركيز حمض الأسيتيك CH_3COOH ($K_a = 1.8 \times 10^{-5}$)، عندما تكون نسبة تأينه 0.42% ؟

أ $0.0042\ M$ ب $0.18\ M$ جـ $0.98\ M$ د $1.02\ M$

فكرة الحل :

$$\because\ \alpha = \frac{0.42}{100} = 0.0042$$

$$\therefore\ C_a = \frac{K_a}{\alpha^2} = \frac{1.8 \times 10^{-5}}{(0.0042)^2} = 1.02\ M$$

الحل : الاختيار الصحيح : د

---

٥ يستخدم البنسلين كمضاد حيوى، وهو عبارة عن حمض ضعيف درجة تأينه 2×10^{-2} فى محلول حجمه $1\ L$ ويحتوى على $0.25\ mol$ من البنسلين. ما ثابت تأين البنسلين ؟

أ 1×10^{-4} ب 5×10^{-3} جـ 1.25×10^{-3} د 0.25×10^{-4}

فكرة الحل :

∵ التركيز = عدد المولات / الحجم باللتر

$$\therefore\ C_a = \frac{0.25}{1} = 0.25\ M$$

$$\therefore\ K_a = C_a \times \alpha^2 = 0.25 \times (2 \times 10^{-2})^2$$

$$= 1 \times 10^{-4}$$

الحل : الاختيار الصحيح : أ

---

٦ ما تركيز أيونات H_3O^+ فى محلول من H_2CO_3 تركيزه $0.075\ M$ وثابت تأينه K_a يساوى 4.3×10^{-7} ؟

أ $6.1 \times 10^{-4}\ M$ ب $1.8 \times 10^{-4}\ M$ جـ $6 \times 10^{-5}\ M$ د $4.8 \times 10^{-8}\ M$

فكرة الحل :

$$\because\ [H_3O^+] = \sqrt{K_a \times C_a}$$

$$\therefore\ [H_3O^+] = \sqrt{4.3 \times 10^{-7} \times 0.075} = 1.8 \times 10^{-4}\ M$$

الحل : الاختيار الصحيح : ب

---

٧ ما درجة تأين محلول مائى يحتوى على $0.1\ g$ من النشادر كثافته $0.5\ g/mL$ علمًا بأن ثابت تأين محلول النشادر 1.8×10^{-5} ؟ [N = 14 , H = 1]

أ 6.57×10^{-4} ب 7.75×10^{-6} جـ 7.82×10^{-4} د 6.57×10^{-6}

فكرة الحل :

الكتلة المولية من $NH_3 = 14 + (3 \times 1) = 17\ g/mol$

عدد مولات $NH_3 = \frac{\text{الكتلة}}{\text{الكتلة المولية}} = \frac{0.1}{17} = 5.88 \times 10^{-3}\ mol$

حجم محلول $NH_3 = \frac{\text{الكتلة}}{\text{الكثافة}} = \frac{0.1}{0.5} = 0.2\ mL = \frac{0.2}{1000} = 2 \times 10^{-4}\ L$

تركيز محلول $NH_3 = \frac{\text{عدد المولات}}{\text{الحجم (L)}} = \frac{5.88 \times 10^{-3}}{2 \times 10^{-4}} = 29.4\ M$

$$\therefore \alpha = \sqrt{\frac{K_a}{C_a}} = \sqrt{\frac{1.8 \times 10^{-5}}{29.4}} = 7.82 \times 10^{-4}$$

الحل : الاختيار الصحيح : (ج)

ثانيًا تأين الماء

- الماء النقى إلكتروليت ضعيف، يوصل التيار الكهربى بدرجة ضعيفة جدًا، ويعبر عن تأينه بالمعادلة المتزنة التالية :



$$H_2O_{(l)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

- وللتبسيط يمكن كتابة المعادلة على الصورة التالية :

$$H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

- وبتطبيق قانون فعل الكتلة، فإنه يمكن كتابة ثابت اتزان تأين الماء (K_w)، كالتالى :

$$K_w = [H^+][OH^-]$$

- ويُعرف حاصل ضرب تركيزى أيون الهيدروجين و أيون الهيدروكسيل الناتجين من تأين الماء باسم الحاصل الأيونى للماء وهو مقدار ثابت يساوى 1×10^{-14} (at 25°C).

$$K_w = [H^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$$

- وحيث أن **الماء النقى متعادل التأثير** على عباد الشمس.

$\therefore$ **تركيز** أيون الهيدروچين المسئول عن الحامضية **يساوى تركيز** أيون الهيدروكسيل المسئول عن القاعدية.

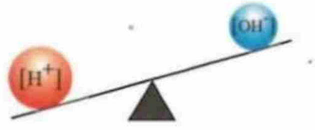
$$\therefore [H^+] = [OH^-] = \sqrt{1 \times 10^{-14}}$$
$$= 1 \times 10^{-7}\ M\ (at\ 25°C)$$



$[H^+] = 1 \times 10^{-7}\ M = [OH^-]$

ملحوظات

(١) عند إضافة حمض إلى الماء النقى.



المحلول الحامضى

$[H^+] > 1 \times 10^{-7}\ M > [OH^-]$

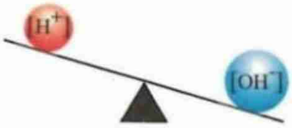
$$H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

$$HCl_{(aq)} \longrightarrow H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

يزداد $[H^+]$ عن 1×10^{-7} M

وبالتالى يقل $[OH^-]$ عن 1×10^{-7} M

(٢) عند إضافة قاعدة إلى الماء النقى.



المحلول القاعدى

$[H^+] < 1 \times 10^{-7}\ M < [OH^-]$

$$H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

$$KOH_{(aq)} \longrightarrow K^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

يزداد $[OH^-]$ عن 1×10^{-7} M

وبالتالى يقل $[H^+]$ عن 1×10^{-7} M

حتى يظل حاصل ضرب تركيزيهما مقدار ثابت (at 25°C)

$$[H^+]\ [OH^-] = 1 \times 10^{-14}$$

هل يمكن أن يكون الماء نقيًا وقيمة pH له لا تساوى 7

الماء النقى يظل متعادلًا مهما تغيرت درجة حرارته لتساوى تركيزى $H_3O^+_{(aq)}$ ، $OH^-_{(aq)}$ فيه،

إلا أن رفع درجة الحرارة يؤدى إلى زيادة درجة تأين الماء وبالتالى زيادة $[H_3O^+]$ ، $[OH^-]$، وهو ما يترتب عليه :

- زيادة قيمة K_w للماء
- خفض قيمة pH للماء

} كما يتضح من الجدول المقابل :

pH	K_w	درجة الحرارة
6.92	1.471×10^{-14}	30°C
6.77	2.916×10^{-14}	40°C
6.63	5.476×10^{-14}	50°C

ملحوظة

إذا عُرف أيًا من $[H^+]$ أو $[OH^-]$ فى أى محلول مائى،

فإنه يمكن حساب تركيز الأيون الآخر المجهول من القانون :

$$K_w = [H^+]\ [OH^-] = 1 \times 10^{-14}$$

والذى يمكن كتابته على الصورة :

$$K_w = [H_3O^+]\ [OH^-] = 1 \times 10^{-14}$$

الجدول التالى يوضح العلاقة بين $[H_3O^+]$ ، $[OH^-]$ لبعض المحاليل المائية :

محلول	$[H_3O^+]$	$[OH^-]$	$K_w = [H_3O^+][OH^-]$
حمض قوى (HX) تركيزه 0.1 M	1×10^{-1} M	1×10^{-13} M	1×10^{-14}
حمض قوى (HX) تركيزه 0.01 M	1×10^{-2} M	1×10^{-12} M	1×10^{-14}
قاعدة قوية (MOH) تركيزها 0.1 M	1×10^{-13} M	1×10^{-1} M	1×10^{-14}
قاعدة قوية (MOH) تركيزها 0.01 M	1×10^{-12} M	1×10^{-2} M	1×10^{-14}

«الجدول للإيضاح فقط»

مثال

فى العملية المتزنة المقابلة :

$$CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

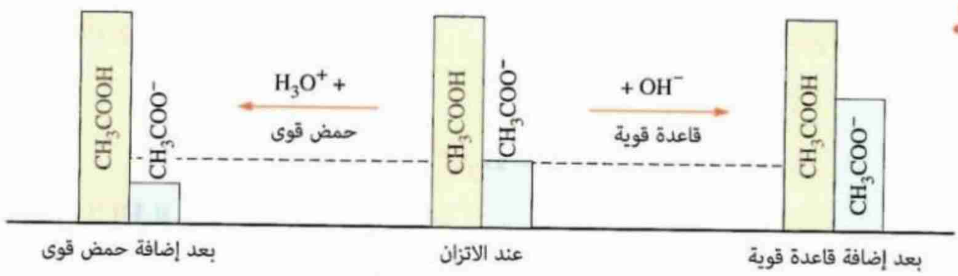
حمض أسيتيك — أيون الأسيتات — أيون الهيدرونيوم

كيف تؤثر التغيرات الآتية على تركيز أيون الأسيتات ؟ مع التفسير :

(١) إضافة قطرات من حمض الهيدروكلوريك HCl

(٢) إضافة قطرات من محلول هيدروكسيد الصوديوم NaOH

الحل



(١) إضافة حمض HCl يزيد من $[H_3O^+]$ فى المحلول، وهو ما يؤدى إلى زيادة معدل التفاعل العكسى طبقًا لقاعدة لوشاتيليه وبالتالى يقل تركيز أيونات الأسيتات فى خليط التفاعل.

(٢) إضافة محلول NaOH يؤدى إلى نزع أيونات H_3O^+ من المحلول، وهو ما يؤدى إلى زيادة معدل التفاعل الطردى طبقًا لقاعدة لوشاتيليه، وبالتالى يزداد تركيز أيونات الأسيتات فى خليط التفاعل.

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: استنتاج الحاصل الأيونى للماء.

1 عندما يكون $[H_3O^+]$ مساويًا 3.5×10^{-6} M فى محلول درجة حرارته 25°C فإن $[OH^-]$ يكون مساويًا ....

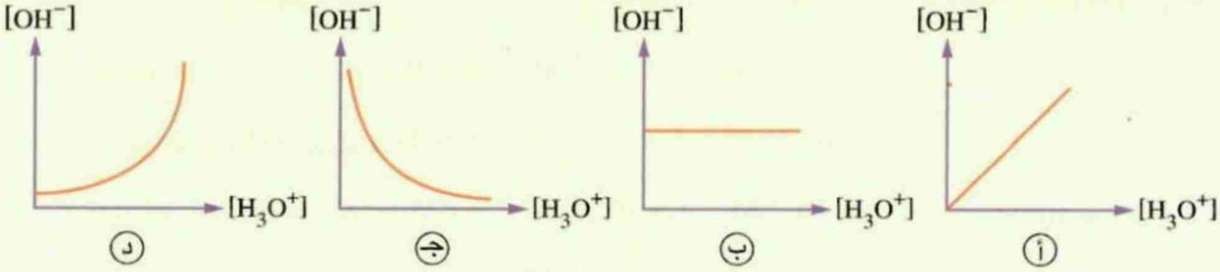
(أ) 3.5×10^{-20} M (ب) 2.9×10^{-9} M (ج) 1×10^{-7} M (د) 3.5×10^{-6} M

فكرة الحل :

$$K_w = [H_3O^+][OH^-] \qquad \therefore [OH^-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{3.5 \times 10^{-6}} = 2.85 \times 10^{-9} \text{ M}$$

الحل : الاختيار الصحيح : (ب)

٢ أى الأشكال البيانية التالية يُعبر عن العلاقة بين $[H_3O^+]$ و $[OH^-]$ فى المحاليل المائية (at 25°C) ؟



فكرة الحل :

∵ الزيادة فى $[H_3O^+]$ يتبعها نقص فى $[OH^-]$، حتى يظل حاصل ضرب تركيزيهما مقدار ثابت،

تبعًا للعلاقة : $K_w = [H_3O^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$

∴ العلاقة بين $[H_3O^+]$ و $[OH^-]$ للمحلول الواحد علاقة عكسية.

الحل : الاختيار الصحيح : (جـ)

---

٣ عند إضافة قطرات من حمض HCl إلى الماء النقى (at 25°C) ....

(أ) يتساوى $[H_3O^+]$ مع $[OH^-]$.
(ب) يزداد $[H_3O^+]$ ، $[OH^-]$ معًا.
(جـ) يزداد $[H_3O^+]$ ويقل $[OH^-]$.
(د) يزداد $[H_3O^+]$ مع عدم تغير $[OH^-]$.

فكرة الحل :

$$2H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

∵ إضافة حمض HCl إلى الماء تؤدى إلى تأينه

$$HCl_{(aq)} \longrightarrow H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

وهو ما يؤدى إلى زيادة $[H_3O^+]$

∴ يستبعد الاختيار (أ)

∵ الزيادة فى $[H_3O^+]$ تؤدى إلى إزاحة النظام فى الاتجاه العكسى.

∴ $[OH^-]$ سوف يقل بحيث تظل قيمة K_w ثابتة.

الحل : الاختيار الصحيح : (جـ)

---

٤ المعادلة التالية تعبر عن عملية الاتزان الأيونى للماء :

$$2H_2O_{(l)} + 57\ kJ \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

ماذا يحدث للماء عند خفض درجة الحرارة ؟

(أ) يظل متعادلًا وتزداد قيمة K_w له.
(ب) يظل متعادلًا ويقل $[H_3O^+]$.
(جـ) يصبح قاعديًا وتقل قيمة K_w له.
(د) يصبح حامضيًا ويقل $[H_3O^+]$.

فكرة الحل :

∵ العملية الحادثة ماصة للحرارة.

∴ ينشط النظام فى الاتجاه العكسى عند خفض درجة الحرارة وبالتالى يقل تركيز كل من أيونات H_3O^+ ، OH^- ويظل الماء متعادلًا.

الحل : الاختيار الصحيح : (ب)

---

٥ ما تركيز أيونات OH^- فى 100 mL من حمض H_2SO_4 تركيزه 0.015 M ؟

(أ) 5×10^{-12} M

(ب) 3.3×10^{-13} M

(ج) 6.7×10^{-13} M

(د) 2×10^{-9} M

فكرة الحل :

يتأين حمض الكبريتيك تبعًا للمعادلة :

$$H_2SO_{4(aq)} \longrightarrow 2H^+_{(aq)} + SO^{2-}_{4(aq)}$$

H_2SO_4	$2H^+$
1 M	2 M
0.015 M	? M

$$[H^+] = 2 \times 0.015 = 3 \times 10^{-2}\ M$$

$$\because K_w = [H^+][OH^-]$$

$$\therefore [OH^-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{3 \times 10^{-2}} = 3.3 \times 10^{-13}\ M$$

الحل : الاختيار الصحيح : (ب)

الأس الهيدروجينى pH و الأس الهيدروكسيلى pOH

لعلك لاحظت من الأمثلة السابقة أن :

قيم تركيزات أيونات الهيدرونيوم (H_3O^+) وقيم تركيزات أيونات الهيدروكسيل (OH^-) فى المحاليل المائية تكون صغيرة نسبيًا لذا اقترح العلماء مقياسًا أسهل يُعبر بموجبه عن تركيز كل منها بأرقام بسيطة،

أطلق عليها اسم :

الأس (الرقم) الهيدروجينى pH	الأس (الرقم) الهيدروكسيلى pOH
وهو	**وهو**
اللوغاريتم السالب (log –) للأساس 10 لتركيز أيونات الهيدروجين H^+ (الهيدرونيوم H_3O^+) فى المحلول	اللوغاريتم السالب (log –) للأساس 10 لتركيز أيونات الهيدروكسيل OH^- فى المحلول
$pH = -\log [H^+]$	$pOH = -\log [OH^-]$
ومنها	**ومنها**
$[H^+] = 10^{-pH}$	$[OH^-] = 10^{-pOH}$

◂ الأس الهيدروجينى (pH) هو أسلوب للتعبير عن درجة حموضة أو قاعدية المحاليل المائية بأرقام متسلسلة موجبة من (zero : 14).

شاهد الفيديو

- **وتقاس قيم pH** للمحاليل المختلفة باستخدام **جهاز مقياس pH**



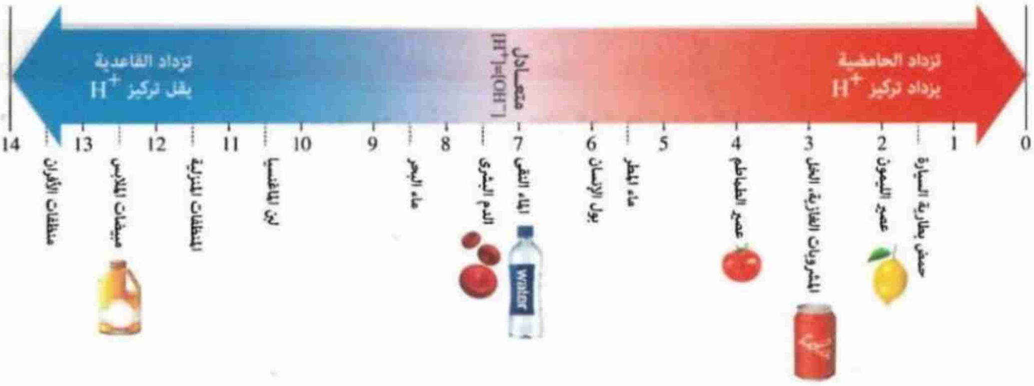
قياس قيمة pH

لعصير برتقال — لمحلول بيكربونات صوديوم

- **يتوقف نوع المحلول على قيمتى pH ، pOH له،** كما يتضح من الجدول التالى :

المحلول	الحمضى	المتعادل	القاعدى
قيمة pH	أقل من 7	تساوى 7	أكبر من 7
قيمة pOH	أكبر من 7	تساوى 7	أقل من 7

- **ويتضح من الشكل التالى والذى يمثل مقياس pH،** أن :



- قوة المحلول الحامضى تزداد، كلما اقتربت قيمة pH له من المقدار 0
- قوة المحلول القاعدى تزداد، كلما اقتربت قيمة pH له من المقدار 14

- **وتتوقف قيمة pH للمحلول على تركيز كل من :**
  - أيون الهيدروچين الموجب H^+
  - أيون الهيدروكسيل السالب OH^-

- **حيث تؤدى** الزيادة فى تركيز أيًا من H^+ أو OH^- إلى تغيير قيمة pH للمحلول.

مثال ١

احسب مقدار **pH** لمحلول حامضى تركيز أيونات الهيدرونيوم H_3O^+ فيه يساوى 1.5×10^{-2} M

الحل

$$pH = -\log [H^+] = -\log (1.5 \times 10^{-2}) = \mathbf{1.824}$$

مثال ٢

احسب مقدار **pOH** لمحلول هيدروكسيد الأمونيوم تركيزه 0.1 M علمًا بأن ثابت تأينه 1.8×10^{-5}

الحل

$$[OH^-] = \sqrt{C_b \times K_b} = \sqrt{0.1 \times 1.8 \times 10^{-5}} = 1.34 \times 10^{-3}\ M$$

$$pOH = -\log [OH^-] = -\log (1.34 \times 10^{-3}) = \mathbf{2.87}$$

مثال ٣

وضح بالحسابات الكيميائية أيهما تكون قيمة pH له أكبر ..

حمض نيتريك تركيزه 0.2 M أم حمض كبريتيك تركيزه 0.2 M ؟ وماذا تستنتج ؟

الحل

$$HNO_{3(aq)} \longrightarrow H^+_{(aq)} + NO^-_{3(aq)}$$

1 M .... 1 M

0.2 M .... ? M

$[H^+] = 1 \times 0.2 = 0.2$ M

$pH = -\log (0.2) = 0.7$

$$H_2SO_4 \longrightarrow 2H^+_{(aq)} + SO^{2-}_{4(aq)}$$

1 M .... 2 M

0.2 M .... ? M

$[H^+] = 2 \times 0.2 = 0.4$ M

$pH = -\log (0.4) = 0.4$

∴ قيمة pH لحمض نيتريك تركيزه 0.2 M أكبر من قيمة pH لحمض كبريتيك تركيزه 0.2 M

يستنتج من ذلك أن حمض الكبريتيك أقوى من حمض النيتريك، عند تساوى تركيزيهما.

مثال ٤

يتفاعل ملح كربونات الكالسيوم مع حمض الهيدروكلوريك مكونًا غاز CO_2 الذى لا يساعد على الاشتعال :

(١) ما قيمة pH للمحلول الناتج «بفرض عدم ذوبان الغاز الناتج فيه» ؟ مع تعليل إجابتك.

(٢) الشكل المقابل يعبر عن تجربة تم إجراءها

باستخدام حمضين مختلفين، هما :

- حمض HCl (1 M)
- حمض CH_3COOH (1 M)



مع أى من الحمضين ينطفئ لهب الشمعة سريعًا ؟ مع تعليل إجابتك.

الحل

(١) $CaCO_{3(s)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow CaCl_{2(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$

$pH = 7$ / لأن محلول $CaCl_2$ الناتج من التفاعل يكون محلول متعادل.

(٢) مع حمض **HCl** / لأنه حمض قوى تام التأين فيكون معدل تصاعد غاز CO_2 – الذى يعمل على إطفاء لهب الشمعة – أسرع.

العلاقة بين قيمتى (pH) و (pOH) للمحلول الواحد

عند أخذ اللوغاريتم السالب (log–) لطرفى العلاقة المعبرة عن الحاصل الأيونى للماء K_w عند 25°C، فإنها تصبح :

$$-\log K_w = -\log[H^+] + -\log[OH^-] = -\log 1 \times 10^{-14}$$

يمثل   يمثل   يمثل   يساوى

$$pK_w = pH + pOH = 14$$

$$\therefore pH + pOH = 14$$

ومنها

$$pOH = 14 - pH$$
$$= 14 - (-\log[H^+])$$
$$= 14 + \log[H^+]$$

$$pH = 14 - pOH$$
$$= 14 - (-\log[OH^-])$$
$$= 14 + \log[OH^-]$$

أداء ذاتى

أكمل الجدول التالى، علمًا بأن $K_w = 1 \times 10^{-14}$ (at 25°C) :

	$[H^+]$	$[OH^-]$	pH	pOH	نوع المحلول
١	1×10^{-11}	1×10^{-3}	11	3	قاعدى
٢	....	1×10^{-5}	....	....	....
٣	....	....	6	....	....
٤	....	....	....	12	....

مثـــال

احسب التركيز المولارى لأيون $[H_3O^+]$ فى كل من :

(١) عصير البرتقال ($pH = 3.3$).

(٢) عصير الطماطم ($pOH = 10$).

الحـــل

(١) $[H_3O^+] = 10^{-pH} = 10^{-3.3} = 5 \times 10^{-4}\ M$

(٢) $pH = 14 - pOH$

$pH = 14 - 10 = 4$

$[H_3O^+] = 10^{-pH} = 10^{-4}\ M$

خطوات الحل باستخدام الآلة الحاسبة

$[H_3O^+]$ = shift ⟶ log ⟶ − pH قيمة ⟶ =

(١) $[H_3O^+]$ = shift log − 3.3 = $5 \times 10^{-4}\ M$

(٢) $[H_3O^+]$ = shift log − 4 = $10^{-4}\ M$

ماذا يحدث لقيمة كل من pH و pOH عند :

(١) إضافة حمض إلى الماء النقى.

يزداد $[H^+]$

وبالتالى تنخفض قيمة pH للمحلول المتكون عن 7 وتزداد قيمة pOH

(٢) إضافة قاعدة إلى الماء النقى.

يزداد $[OH^-]$

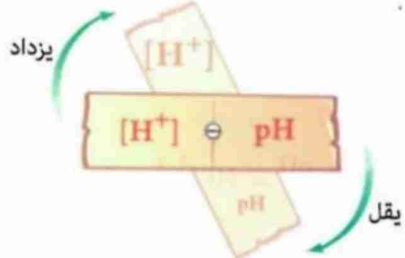
وبالتالى تزداد قيمة pH للمحلول المتكون عن 7 وتقل قيمة pOH

حتى يظل
$pH + pOH = 14$
فى الظروف القياسية

مما سبق يمكن استنتاج أن :

العلاقـة بيـن

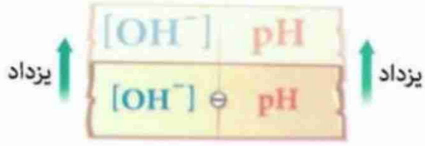
① pH و $[H^+]$



علاقة عكسية

الزيادة فى $[H^+]$ يتبعه **نقص** فى قيمة pH للمحلول الواحد

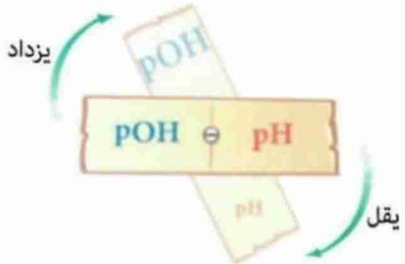
② pH و $[OH^-]$



علاقة طردية

الزيادة فى $[OH^-]$ يتبعه **زيادة** فى قيمة pH للمحلول الواحد

③ pH و pOH



علاقة عكسية

الزيادة فى قيمة pOH يتبعها **نقص** فى قيمة pH للمحلول الواحد، بحيث يظل مجموعهما مساويًا 14 فى الظروف القياسية



أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: تحديد مفهوم الأس الهيدروچينى «الرقم الهيدروچينى» ودلالته على المحاليل المائية.

١ عينتان من حمض الإيثانويك وحمض الهيدروكلوريك لهما نفس الحجم ونفس التركيز.

أى مما يأتى يعبر عن كل من $[H^+]$ ، pH لحمض الإيثانويك مقارنةً بحمض الهيدروكلوريك ؟

الاختيارات	$[H^+]$	pH
(أ)	أكبر	أكبر
(ب)	أكبر	أقل
(ج)	أقل	أكبر
(د)	أقل	أقل

فكرة الحل :

∵ حمض الإيثانويك من الأحماض الضعيفة غير تامة التأين، بينما حمض الهيدروكلوريك من الأحماض القوية تامة التأين.

∴ $[H^+]$ فى حمض الإيثانويك يكون أقل مما فى حمض الهيدروكلوريك.

وعليه يتم استبعاد الاختيارين (أ) ، (ب)

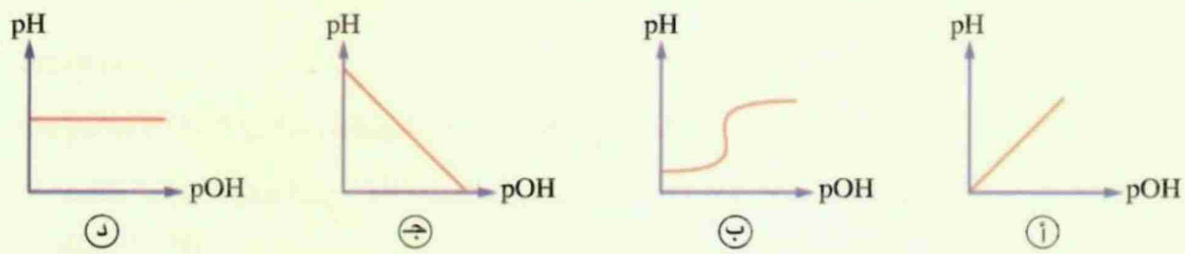
∵ النقص فى $[H^+]$ يتبعه زيادة فى قيمة pH للمحلول الواحد.

∴ قيمة pH لحمض الإيثانويك أكبر مما لحمض الهيدروكلوريك.

الحل : الاختيار الصحيح : (ج)

---

٢ ما الشكل البيانى الذى يعبر عن العلاقة بين pOH ، pH للمحلول المائى الواحد عند ثبات درجة الحرارة ؟



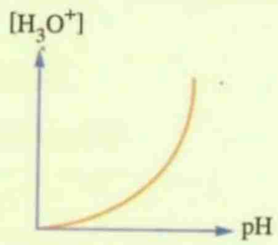
فكرة الحل :

∵ الزيادة فى قيمة pOH للمحلول يتبعها نقص قيمة pH له بحيث يظل مجموعهما دائمًا مساويًا 14

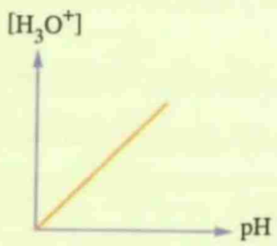
∴ العلاقة بين pOH ، pH للمحلول الواحد علاقة عكسية.

الحل : الاختيار الصحيح : (ج)

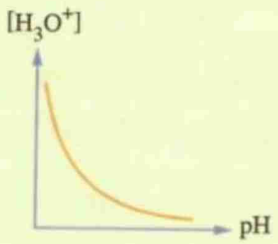
٣ أى الأشكال البيانية الآتية يعبر عن العلاقة بين $[H_3O^+]$ و pH للمحلول الواحد (عند ثبات درجة الحرارة) ؟



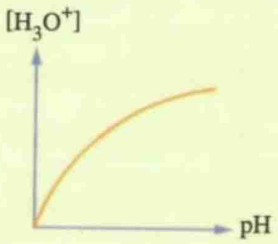
(أ)



(ب)



(ج)



(د)

فكرة الحل :

∵ الزيادة فى $[H_3O^+]$ يتبعها نقص فى قيمة pH للمحلول الواحد، تبعًا للعلاقة : $pH = -\log [H_3O^+]$

∴ العلاقة بين $[H_3O^+]$ و pH للمحلول الواحد علاقة عكسية.

الحل : الاختيار الصحيح : (ج)

---

٤ المعادلة المقابلة تعبر عن الاتزان الأيونى للماء : $2H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$

ما تأثير إضافة NaOH للماء على كل من $[H_3O^+]$ وقيمة pH للمحلول ؟

الاختيارات	$[H_3O^+]$	قيمة pH للمحلول
(أ)	يزداد	تزداد
(ب)	يزداد	تقل
(ج)	يقل	تزداد
(د)	يقل	تقل

فكرة الحل :

عند إضافة NaOH إلى الماء تتكون أيونات $Na^+_{(aq)}$ ، $OH^-_{(aq)}$

∵ إضافة المزيد من أيونات $OH^-_{(aq)}$ للنظام المتزن تجعله ينشط فى الاتجاه العكسى.

∴ يقل $[H_3O^+]$

وعليه يتم استبعاد الاختيارين (أ) ، (ب)

∵ نقص $[H_3O^+]$ فى المحلول يتبعه زيادة فى قيمة pH للمحلول الواحد.

∴ يستبعد الاختيار (د)

الحل : الاختيار الصحيح : (ج)

٥ ما قيمة pH لحمض خليك تركيزه 0.1 M وثابت تأينه 1.8×10^{-5} (at 25°C) ؟

(أ) 0.1 (ب) 1 (جـ) 1.87 (د) 2.87

فكرة الحل :

$\because [H_3O^+] = \sqrt{K_a \times C_a} = \sqrt{1.8 \times 10^{-5} \times 0.1} = 1.34 \times 10^{-3}$ M

$\because pH = -\log [H_3O^+]$

$\therefore pH = -\log 1.34 \times 10^{-3} = 2.87$

الحل : الاختيار الصحيح : (د)

٦ محلول مائى تركيزه 0.1 M وقيمة pH له 11 ما تركيز أيونات H_3O^+ فى هذا المحلول ؟

(أ) 1×10^{-1} M (ب) 1×10^{-11} M (جـ) 1×10^{-3} M (د) 1×10^{-13} M

فكرة الحل :

$\because [H_3O^+] = 10^{-pH}$ $\therefore [H_3O^+] = 10^{-11} = 1 \times 10^{-11}$ M

الحل : الاختيار الصحيح : (ب)

٧ أضيف حمض نيتريك إلى حمض كبريتيك، فإذا علمت أن حجم كل منهما 35 mL وكذلك تركيز كل منهما 0.001 M ما قيمة pH للخليط الناتج ؟

(أ) 1.5 (ب) 2.5 (جـ) 2.8 (د) 3

فكرة الحل :

عدد مولات أيًا من الحمضين = $\frac{35}{1000} \times 0.001 = 3.5 \times 10^{-5}$ mol

$$H_2SO_{4(aq)} \longrightarrow 2H^+_{(aq)} + SO^{2-}_{4(aq)}$$

1 mol → 2 mol

3.5×10^{-5} mol → ? mol

عدد مولات H^+ = $2 \times 3.5 \times 10^{-5}$ = 7×10^{-5} mol

$$HNO_{3(aq)} \longrightarrow H^+_{(aq)} + NO^-_{3(aq)}$$

1 mol → 1 mol

3.5×10^{-5} mol → ? mol

عدد مولات H^+ = 3.5×10^{-5} mol

عدد مولات H^+ فى الخليط = $(3.5 \times 10^{-5}) + (7 \times 10^{-5}) = 1.05 \times 10^{-4}$ mol

حجم الخليط (L) = $\frac{2 \times 35}{1000} = 0.07$ L

$[H^+] = \frac{1.05 \times 10^{-4}}{0.07} = 1.5 \times 10^{-3}$ M

$pH = -\log [H^+] = -\log 1.5 \times 10^{-3} = 2.8$

الحل : الاختيار الصحيح : (جـ)

العلاقة بين قيمتى K_a ، K_b للمحلول الواحد عند ثبات درجة الحرارة

للإيضاح فقط

- يتأين حمض الأسيتيك فى الماء، تبعًا للمعادلة :

$$CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

$$\therefore K_a = \frac{[CH_3COO^-][H_3O^+]}{[CH_3COOH]} \quad \text{......} (1)$$

- يذوب أيون الأسيتات فى الماء لتكوين حمض الأسيتيك، تبعًا للمعادلة :

$$CH_3COO^-_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons CH_3COOH_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

$$\therefore K_b = \frac{[CH_3COOH][OH^-]}{[CH_3COO^-]} \quad \text{......} (2)$$

- بضرب المعادلتين (1) ، (2) :

$$K_aK_b = \frac{[CH_3COO^-][H_3O^+]}{[CH_3COOH]} \times \frac{[CH_3COOH][OH^-]}{[CH_3COO^-]}$$

$$K_aK_b = [H_3O^+][OH^-]$$

$$\because K_w = [H_3O^+][OH^-]$$

$$\therefore K_w = K_aK_b \quad \text{«at } 25^\circ\text{C»}$$

مثال

يذوب أيون البيكبريتات فى الماء مكونًا أيون الكبريتات، **كالتالى** :

$$HSO^-_{4(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons SO^{2-}_{4(aq)} + H_3O^+_{(aq)} \qquad K_a = 1.2 \times 10^{-2}$$

ويذوب أيون الكبريتات فى الماء مكونًا أيون البيكبريتات، **كالتالى** :

$$SO^{2-}_{4(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons HSO^-_{4(aq)} + OH^-_{(aq)} \qquad K_b = ?$$

احسب قيمة K_b لهذا المحلول المائى.

الحل

$$K_w = K_aK_b$$

$$1 \times 10^{-14} = 1.2 \times 10^{-2} \times K_b$$

$$K_b = \frac{1 \times 10^{-14}}{1.2 \times 10^{-2}} = 8.3 \times 10^{-13}$$

ملخص لأهم القوانين :

القاعـــدة الضعيفـــة	الحمــض الضعيــف

درجة التأين (التفكك) α

القاعدة الضعيفة:

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_b}{C_b}}$$

الحمض الضعيف:

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_a}{C_a}}$$

تركيز أيون الهيدروكسيل $[OH^-]$

$$[OH^-] = \sqrt{K_b \times C_b}$$

$$[OH^-] = \alpha\, C_b$$

$$[OH^-] = \frac{K_w}{[H^+]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{[H^+]}$$

$$[OH^-] = 10^{-pOH}$$

تركيز أيون الهيدرونيوم $[H_3O^+]$

$$[H_3O^+] = \sqrt{K_a \times C_a}$$

$$[H_3O^+] = \alpha\, C_a$$

$$[H_3O^+] = \frac{K_w}{[OH^-]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{[OH^-]}$$

$$[H_3O^+] = 10^{-pH}$$

الحاصل الأيونى للماء K_w

$$K_w = [OH^-]\,[H_3O^+] = 1 \times 10^{-14}$$

$$pH + pOH = 14$$

$$K_w = K_a K_b$$

الأس الهيدروكسيلى pOH

$$pOH = -\log [OH^-]$$

$$pOH = 14 - pH$$

$$pOH = 14 + \log [H^+]$$

الأس الهيدروچينى pH

$$pH = -\log [H_3O^+]$$

$$pH = 14 - pOH$$

$$pH = 14 + \log [OH^-]$$

مثال ١

احسب قيمة K_a لمحلول تركيزه 0.01 M من حمض النيتروز HNO_2، علمًا بأن قيمة pH = 2.63

الحل

$$[H_3O^+] = 10^{-pH} = 10^{-2.63} = 2.3 \times 10^{-3}\ M$$

$$[H_3O^+] = \sqrt{K_a \times C_a}$$

$$\therefore K_a = \frac{[H_3O^+]^2}{C_a} = \frac{(2.3 \times 10^{-3})^2}{0.01} = 5.29 \times 10^{-4}$$

مثال ٢

المعادلة الآتية توضح تأين هيدروكسيد الأمونيوم، تركيزه 0.01 M فى محلوله المائى :

$$NH_4OH_{(aq)} \rightleftharpoons NH^+_{4(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

فإذا كان ثابت تأين القاعدة 1.8×10^{-5}، احسب :

(١) درجة تأين القاعدة.
(٢) تركيز أيون الهيدروكسيل فى المحلول.
(٣) الرقم الهيدروكسيلى للمحلول.
(٤) الرقم الهيدروچينى للمحلول.

الحل

(١) $\alpha = \sqrt{\frac{K_b}{C_b}} = \sqrt{\frac{1.8 \times 10^{-5}}{0.01}} = 0.04$

(٢) $[OH^-] = \sqrt{K_b \times C_b} = \sqrt{1.8 \times 10^{-5} \times 0.01} = 4.24 \times 10^{-4}\ M$

(٣) $pOH = -\log [OH^-] = -\log (4.24 \times 10^{-4}) = 3.4$

(٤) $\because pH = 14 - pOH \qquad \therefore pH = 14 - 3.4 = 10.6$

مثال ٣

إذا كانت درجة تأين حمض عضوى ضعيف أحادى البروتون تركيزه 0.2 M تساوى 3%
احسب قيمة pOH للمحلول.

الحل

$$\alpha = \frac{3}{100} = 0.03$$

$$[H_3O^+] = \alpha\, C_a = 0.03 \times 0.2 = 6 \times 10^{-3}\ M$$

$$pH = -\log [H_3O^+] = -\log (6 \times 10^{-3}) = 2.22$$

$$pOH = 14 - pH = 14 - 2.22 = 11.78$$

ثالثًا التحلل المائى للأملاح (التميؤ)

- **التميؤ (الإماهة)** هى عملية ذوبان الملح فى الماء وتكوين الحمض والقلوى المشتق منهما الملح.
- عملية التميؤ عكس عملية التعادل، لأن فى **عملية التميؤ** يذوب الملح فى الماء مكونًا الحمض والقلوى المشتق منهما الملح، بينما فى **عملية التعادل** يتفاعل الحمض مع القلوى مكونًا الملح والماء.

تجربة: مفهوم التحلل المائى للأملاح (التميؤ)

الخطوات

- اختبر المحاليل الموجودة فى أنابيب الاختبار الآتية بقطرات من دليل الميثيل البرتقالى.

الأنبوبة	الملاحظة	الاستنتاج
الأنبوبة الأولى : محلول كربونات الصوديوم.	يتلون المحلول باللون الأصفر.	محلول Na_2CO_3 قاعدى.
الأنبوبة الثانية : محلول كلوريد الأمونيوم.	يتلون المحلول باللون الأحمر.	محلول NH_4Cl حامضى.
الأنبوبة الثالثة : محلول كلوريد الصوديوم.	يتلون المحلول باللون البرتقالى.	محلول $NaCl$ متعادل.
الأنبوبة الرابعة : محلول أسيتات (خلات) الأمونيوم.	يتلون المحلول باللون البرتقالى.	محلول CH_3COONH_4 متعادل.

الخواص الحامضية و القاعدية لمحاليل الأملاح المائية

- تتوقف الخاصية الحامضية أو القاعدية للمحلول المائى للملح على قوة كل من الحمض والقاعدة المشتق منهما الملح.

وهو ما سوف يتضح من دراسة التحلل المائى (التميؤ) للأملاح التالية :

1. ملح كربونات الصوديوم
2. ملح كلوريد الأمونيوم
3. ملح كلوريد الصوديوم
4. ملح أسيتات الأمونيوم

١ تميؤ ملح كربونات الصوديوم Na_2CO_3

ملح كربونات الصوديوم Na_2CO_3

مشتق من

حمض ضعيف : حمض الكربونيك (H_2CO_3) | **قاعدة قوية :** هيدروكسيد الصوديوم $(NaOH)$

$$2NaOH + H_2CO_3 \longrightarrow Na_2CO_3 + 2H_2O$$

وعند ذوبان الملح فى الماء

يتأين الماء بصفته إلكتروليت ضعيف **تبعًا للمعادلة :**

$$2H_2O_{(l)} \rightleftharpoons 2H^+_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)} \quad \cdots (1)$$

يتفكك الملح فى الماء **تبعًا للمعادلة :**

$$Na_2CO_{3(s)} \longrightarrow 2Na^+_{(aq)} + CO_{3\,(aq)}^{2-} \quad \cdots (2)$$

ونظرًا لأن

أيونات الكربونات السالبة (CO_3^{2-})
المشتقة من الحمض الضعيف
تميل للاتحاد مع أيونات (H^+) الناتجة من تأين الماء
مكونة حمض الكربونيك ...
لأنه إلكتروليت **ضعيف** غير تام التأين

أيونات الصوديوم الموجبة (Na^+)
المشتقة من القاعدة القوية
لا تميل للاتحاد مع أيونات (OH^-) الناتجة من تأين الماء
لذا لا يتكون هيدروكسيد الصوديوم ...
لأنه إلكتروليت **قوى** تام التأين

وعند جمع المعادلتين (1) ، (2) تكون معادلة تميؤ ملح كربونات الصوديوم، كالتالى :

$$Na_2CO_{3(s)} + 2H_2O_{(l)} = H_2CO_{3(aq)} + 2Na^+_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)}$$

- **وتبعًا لقاعدة لوشاتيليه،** فإن الاستهلاك المستمر لأيونات H^+ يؤدى إلى إزاحة التفاعل فى الاتجاه الطردى (اتجاه تأين المزيد من جزيئات الماء)، وهو ما يترتب عليه تراكم أيونات الهيدروكسيل السالبة OH^- فى المحلول ويصبح $[OH^-] > [H^+]$ ويكون الرقم الهيدروچينى للمحلول $(pH > 7)$

ملحوظة

المحلول المائى لملح كربونات الصوديوم قلوى التأثير.

$$2H_2O_{(l)} \rightleftharpoons 2H^+_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)}$$

$$Na_2CO_{3(s)} \longrightarrow 2Na^+_{(aq)} + CO_{3\,(aq)}^{2-}$$

$$Na_2CO_{3(s)} + 2H_2O_{(l)} = H_2CO_{3(aq)} + 2Na^+_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)}$$

لتراكم أيونات OH^- القاعدية فى المحلول $(pH > 7)$.

٢ تميؤ ملح كلوريد الأمونيوم NH_4Cl

ملح كلوريد الأمونيوم NH_4Cl

مشتق من

حمض قوى : حمض الهيدروكلوريك (HCl)

قاعدة ضعيفة : هيدروكسيد الأمونيوم (NH_4OH)

$$NH_4OH + HCl \longrightarrow NH_4Cl + H_2O$$

وعند ذوبان الملح فى الماء

يتأين الماء بصفته إلكتروليت ضعيف **تبعًا للمعادلة :**

$$H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \quad \text{......} (1)$$

يتفكك الملح فى الماء **تبعًا للمعادلة :**

$$NH_4Cl_{(s)} \longrightarrow NH^+_{4(aq)} + Cl^-_{(aq)} \quad \text{......} (2)$$

ونظرًا لأن

أيونات الكلوريد (Cl^-)
المشتقة من الحمض القوى
لا تميل للاتحاد مع أيونات (H^+) الناتجة من تأين الماء
لذا لا يتكون حمض الهيدروكلوريك ...
لأنه إلكتروليت **قوى** تام التأين

أيونات الأمونيوم الموجبة (NH_4^+)
المشتقة من القاعدة الضعيفة
تميل للاتحاد مع أيونات (OH^-) الناتجة من تأين الماء
مكونة هيدروكسيد الأمونيوم ...
لأنه إلكتروليت **ضعيف** غير تام التأين

وعند جمع المعادلتين (1) ، (2) تكون معادلة تميؤ ملح كلوريد الأمونيوم، كالتالى :

$$NH_4Cl_{(s)} + H_2O_{(l)} = NH_4OH_{(aq)} + Cl^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$$

◂ **وتبعًا لقاعدة لوشاتيليه،** فإن الاستهلاك المستمر لأيونات OH^- يؤدى إلى إزاحة التفاعل فى الاتجاه الطردى (اتجاه تأين المزيد من جزيئات الماء)، وهو ما يترتب عليه تراكم أيونات الهيدروچين الموجبة H^+ فى المحلول ويصبح $[H^+] > [OH^-]$ ويكون الرقم الهيدروچينى للمحلول $(pH < 7)$

ملحوظة

المحلول المائى لملح كلوريد الأمونيوم حامضى التأثير.

$$H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$
$$NH_4Cl_{(s)} \longrightarrow NH^+_{4(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

$$NH_4Cl_{(s)} + H_2O_{(l)} = NH_4OH_{(aq)} + Cl^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$$

لتراكم أيونات H^+ الحامضية فى المحلول $(pH < 7)$.

٣ تميؤ ملح كلوريد الصوديوم NaCl

ملح كلوريد الصوديوم NaCl

مشتـق من

حمض قوى : حمض الهيدروكلوريك (HCl) | **قاعدة قوية :** هيدروكسيد الصوديوم (NaOH)

$$NaOH + HCl \longrightarrow NaCl + H_2O$$

وعند ذوبان الملح فى الماء

يتأين الماء بصفته إلكتروليت ضعيف **تبعًا للمعادلة :**

$$H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \quad \cdots\cdots (1)$$

يتفكك الملح فى الماء **تبعًا للمعادلة :**

$$NaCl_{(s)} \longrightarrow Na^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)} \quad \cdots\cdots (2)$$

ونظرًا لأن

أيونات الكلوريد (Cl^-)
المشتقة من الحمض القوى
لا تميل للاتحاد مع أيونات (H^+) الناتجة من تأين الماء
لذا لا يتكون حمض الهيدروكلوريك ...

أيونات الصوديوم الموجبة (Na^+)
المشتقة من القاعدة القوية
لا تميل للاتحاد مع أيونات (OH^-) الناتجة من تأين الماء
لذا لا يتكون هيدروكسيد الصوديوم ...

لأن كليهما إلكتروليت **قوى** تام التأين

وعند جمع المعادلتين (1) ، (2) تكون معادلة تميؤ ملح كلوريد الصوديوم، كالتالى :

$$NaCl_{(s)} + H_2O_{(l)} = Na^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)} + H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

∵ عدد أيونات H^+ الكثيرة تكافئ عدد أيونات OH^- الكثيرة فى المحلول

$$\therefore [H^+] = [OH^-]$$

ويكون الرقم الهيدروچينى للمحلول (pH = 7)

ملحوظة

المحلول المائى لملح كلوريد الصوديوم متعادل التأثير.

$$H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

$$NaCl_{(s)} \longrightarrow Na^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

$$NaCl_{(s)} + H_2O_{(l)} = Na^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)} + H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

لأن تركيز أيونات H^+ الحامضية المرتفع **يكافئ** تركيز أيونات OH^- القاعدية (pH = 7).

٤ تميؤ ملح أسيتات الأمونيوم CH_3COONH_4

ملح أسيتات الأمونيوم CH_3COONH_4

مشتـق من

حمض ضعيف : حمض الأسيتيك (CH_3COOH)

قاعدة ضعيفة : هيدروكسيد الأمونيوم (NH_4OH)

$$CH_3COOH + NH_4OH \longrightarrow CH_3COONH_4 + H_2O$$

وعند ذوبان الملح فى الماء

يتأين الماء بصفته إلكتروليت ضعيف **تبعًا للمعادلة :**

$$H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \quad \text{......} \ (1)$$

يتفكك الملح فى الماء **تبعًا للمعادلة :**

$$CH_3COONH_{4(s)} \longrightarrow CH_3COO^-_{(aq)} + NH^+_{4(aq)} \quad \text{......} \ (2)$$

ونظرًا لأن

أيونات الأسيتات السالبة (CH_3COO^-) المشتقة من الحمض الضعيف **تميل** للاتحاد مع أيونات (H^+) الناتجة من تأين الماء **مكونة** حمض الأسيتيك ...

أيونات الأمونيوم الموجبة (NH_4^+) المشتقة من القاعدة الضعيفة **تميل** للاتحاد مع أيونات (OH^-) الناتجة من تأين الماء **مكونة** هيدروكسيد الأمونيوم ...

لأن كلاهما إلكتروليت **ضعيف** غير تام التأين

وعند جمع المعادلتين (1) ، (2) تكون معادلة تميؤ ملح أسيتات الأمونيوم، كالتالى :

$$CH_3COONH_{4(s)} + H_2O_{(l)} = CH_3COOH_{(aq)} + NH_4OH_{(aq)}$$

∵ عدد أيونات H^+ الضئيلة الناتجة عن تأين الحمض الضعيف

تكافئ عدد أيونـات OH^- الضئيلة الناتجة عن تفكك القاعدة الضعيفة فى المحلول

$$\therefore [H^+] = [OH^-]$$

ويكون الرقم الهيدروچينى للمحلول (pH = 7)

ملحوظة

المحلول المائى لملح أسيتات الأمونيوم (CH_3COONH_4) متعادل التأثير.

$$H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

$$CH_3COONH_{4(s)} \longrightarrow CH_3COO^-_{(aq)} + NH^+_{4(aq)}$$

$$CH_3COONH_{4(s)} + H_2O_{(l)} = CH_3COOH_{(aq)} + NH_4OH_{(aq)}$$

لأن تركيز أيونات H^+ الحامضية الضئيل جدًا **يكافئ** تركيز أيونات OH^- القاعدية (pH = 7).

ملحوظة

محلول الملح الناتج من تعادل **حمض ضعيف** مع **قاعدة ضعيفة**، يحتمل أن يكون **متعادل أو حامضى أو قاعدى.. ويتوقف ذلك على قيمة K_a للحمض وقيمة K_b** للقاعدة المستخدمين، فمحلول ملح CH_3COONH_4 **متعادل**، لأن قيمة K_a لحمض CH_3COOH **تساوى** قيمة K_b لمحلول NH_4OH القاعدى، بينما محلول ملح NH_4NO_2 **حامضى** لأن قيمة K_a لحمض HNO_2 **أكبر من** قيمة K_b لمحلول NH_4OH القاعدى.

CH_3COOH	$K_a = 1.8 \times 10^{-5}$
HNO_2	$K_a = 4.6 \times 10^{-4}$
NH_4OH	$K_b = 1.8 \times 10^{-5}$

أداء ذاتى

لماذا لا يمكن التمييز بين محلول أسيتات الأمونيوم و محلول كلوريد الصوديوم باستخدام الأدلة الكيميائية ؟

....

مثال

قربت ورقتى عباد شمس إحداهما حمراء والأخرى زرقاء مبللتين بالماء من فوهتى أنبوبتى اختبار :

* **الأنبوبة الأولى** : تحتوى على خليط من محلولى كلوريد الأمونيوم وهيدروكسيد الصوديوم الساخن.
* **الأنبوبة الثانية** : تحتوى على خليط من ملح كلوريد الصوديوم وحمض الكبريتيك المركز الساخن.

ما التغير الحادث فى لون ورقتى عباد الشمس لكل أنبوبة ؟ مع التفسير.

الحل

* عند خلط محلولى كلوريد الأمونيوم وهيدروكسيد الصوديوم الساخن يتصاعد غاز النشادر الذى يزرق ورقة عباد الشمس الحمراء المبللة بالماء.

$$NH_4Cl_{(aq)} + NaOH_{(aq)} \xrightarrow{\Delta} NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)} + NH_{3(g)}$$

* عند خلط ملح كلوريد الصوديوم مع حمض الكبريتيك المركز الساخن يتصاعد غاز HCl الذى يحمر ورقة عباد الشمس الزرقاء المبللة بالماء.

$$2NaCl_{(s)} + H_2SO_{4(l)} \xrightarrow{\Delta} Na_2SO_{4(aq)} + 2HCl_{(g)}$$

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: شرح مفهوم التميؤ «التحلل المائى لبعض الأملاح».

١ ما محلول الملح الذى يتلون باللون الأصفر عند إضافة دليل الميثيل البرتقالى إليه ؟

Ⓐ كلوريد الصوديوم. Ⓑ كلوريد الأمونيوم. Ⓒ كربونات الصوديوم. Ⓓ كربونات الأمونيوم.

فكرة الحل :

دليل الميثيل البرتقالى يتلون باللون الأصفر فى الوسط القاعدى.

∵ كل من محلولى كلوريد الصوديوم وكربونات الأمونيوم من المحاليل المتعادلة.

∴ يستبعد الاختيارين (أ) ، (د)

∵ محلول كلوريد الأمونيوم حامضى.

∴ يستبعد الاختيار (ب)

الحل : الاختيار الصحيح : (ج)

---

٢ أى الأملاح التالية تعطى عند ذوبانها فى الماء محلول متعادل ؟

الاختيارات	ملح نترات الأمونيوم	ملح نترات الكالسيوم
(أ)	✓	✗
(ب)	✗	✓
(ج)	✗	✗
(د)	✓	✓

فكرة الحل :

∵ ملح نترات الأمونيوم مشتق من حمض قوى (حمض النيتريك) وقاعدة ضعيفة (محلول هيدروكسيد الأمونيوم).

∴ محلول ملح نترات الأمونيوم حامضى.

وعليه يستبعد الاختيارين (أ) ، (د)

∵ ملح نترات الكالسيوم مشتق من حمض قوى (حمض النيتريك) وقاعدة قوية (محلول هيدروكسيد الكالسيوم).

∴ محلول ملح نترات الكالسيوم متعادل.

الحل : الاختيار الصحيح : (ب)

٣ ماذا يحدث لقيمة pH لمحلول النشادر عند إضافة محلول كلوريد الأمونيوم إليه ؟

(أ) تزداد. (ب) تصبح 7 (ج) تقل. (د) لا تتغير.

فكرة الحل :

- $NH_4OH_{(aq)} \rightleftharpoons NH^+_{4(aq)} + OH^-_{(aq)}$
- $NH_4Cl_{(aq)} \longrightarrow NH^+_{4(aq)} + Cl^-_{(aq)}$

∵ زيادة تركيز أيونات $NH^+_{4(aq)}$ تؤدى إلى إزاحة التفاعل فى الاتجاه العكسى (اتجاه تكوين NH_4OH).

∴ يقل $[OH^-]$ ويزداد $[H^+]$ فى المحلول.

∵ زيادة $[H^+]$ فى المحلول الواحد يتبعه نقص فى قيمة pH له.

∴ تقل قيمة pH للمحلول.

الحل : الاختيار الصحيح : (ج)

---

٤ المحاليل الآتية متساوية التركيز.

ما التدرج التصاعدى الصحيح لقيم pH لهذه المحاليل ؟

(أ) $NaCl < NH_4Cl < NaNO_2 < HCl$ (ب) $HCl < NH_4Cl < NaCl < NaNO_2$

(ج) $NaNO_2 < NH_4Cl < NaCl < HCl$ (د) $HCl < NaCl < NaNO_2 < NH_4Cl$

فكرة الحل :

* الجدول التالى يوضح قيم pH للمحاليل الموضحة بالاختيارات :

المحلول	NaCl	NH_4Cl	$NaNO_2$	HCl (حمض قوى)
مشتق من	حمض قوى + قاعدة قوية	حمض قوى + قاعدة ضعيفة	حمض ضعيف + قاعدة قوية	
pH للمحلول	7	أقل من 7	أكبر من 7	تقترب من zero

ومنه يمكن ترتيب المحاليل تبعًا لقيم pH كالآتى : $HCl < NH_4Cl < NaCl < NaNO_2$

الحل : الاختيار الصحيح : (ب)

٥ المحلول الناتج من التعادل التام بين حمض الفورميك و محلول هيدروكسيد البوتاسيوم ، تكون قيمة pOH له ....

ⓐ تساوى zero ⓑ تساوى 7 ⓙ أقل من 7 ⓓ أكبر من 7

فكرة الحل :

∵ حمض الفورميك من الأحماض الضعيفة ومحلول هيدروكسيد البوتاسيوم من القواعد القوية.

∴ محلول الملح الناتج من تعادلهما يكون قاعديًا (قيمة pH له أكبر من 7).

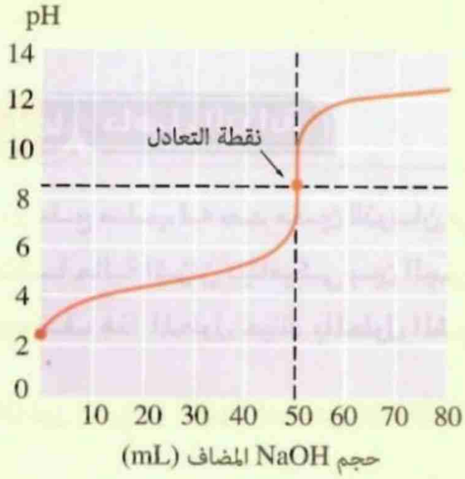
∵ الزيادة فى قيمة pH للمحلول الواحد يتبعها نقص فى قيمة pOH له بحيث يظل مجموعهما مساويًا 14 فى الظروف القياسية.

∴ قيمة pOH للمحلول تكون أقل من 7

الحل : الاختيار الصحيح : ⓙ

---

٦ الشكل المقابل : يمثل منحنى pH لعملية معايرة حمض الخليك بوفرة من محلول هيدروكسيد الصوديوم . أى مما يأتى يعبر عن المواد الموجودة فى حيز التفاعل عند نقطة التعادل ؟



ⓐ جزيئات كل من $CH_3COOH_{(aq)}$ ، $NaOH_{(aq)}$ ، $H_2O_{(l)}$

ⓑ جزيئات $CH_3COOH_{(aq)}$ وأيونات كل من $CH_3COO^-_{(aq)}$ ، $Na^+_{(aq)}$

ⓙ جزيئات $NaOH_{(aq)}$ وأيونات كل من $CH_3COO^-_{(aq)}$ ، $H^+_{(aq)}$

ⓓ أيونات كل من $CH_3COO^-_{(aq)}$ ، $Na^+_{(aq)}$ وجزيئات $H_2O_{(l)}$

فكرة الحل :

∵ معايرة حمض الخليك (حمض ضعيف) تتم بوفرة من محلول هيدروكسيد الصوديوم (قاعدة قوية).

∴ عند نقطة التعادل تكون كل جزيئات حمض الخليك قد استهلكت.

وعليه يتم استبعاد الاختيارين ⓐ ، ⓑ

المعادلة الآتية تعبر عن التفاعل عند نقطة التعادل :

$$CH_3COOH_{(aq)} + NaOH_{(aq)} \longrightarrow CH_3COO^-_{(aq)} + Na^+_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

الحل : الاختيار الصحيح : ⓓ

٧ إذابة ملح كبريتات الأمونيوم فى الماء المقطر - فى درجة حرارة الغرفة - يؤدى إلى ....

Ⓐ زيادة كل من $[H_3O^+]$ ، $[OH^-]$.
Ⓑ زيادة $[H_3O^+]$ وخفض $[OH^-]$.
Ⓒ خفض كل من $[H_3O^+]$ ، $[OH^-]$.
Ⓓ خفض $[H_3O^+]$ وزيادة $[OH^-]$.

فكرة الحل :

∵ ملح كبريتات الأمونيوم مشتق من حمض قوى (حمض الكبريتيك) وقاعدة ضعيفة (محلول هيدروكسيد الأمونيوم).

∴ إضافة ملح كبريتات الأمونيوم إلى الماء المقطر المتعادل يحوله إلى محلول حامضى.

∵ تركيز أيونات H_3O^+ يساوى تركيز أيونات OH^- فى الماء المقطر.

∴ إضافة ملح كبريتات الأمونيوم إلى الماء المقطر سوف يزيد من $[H_3O^+]$ فى المحلول وبالتالى سوف يقل $[OH^-]$ فيه حتى يظل حاصل ضرب تركيزهما مقدار ثابت 1×10^{-14}

الحل : الاختيار الصحيح : Ⓑ

رابعًا حاصل الإذابة

كل ملح صلب له حد معين للذوبان فى الماء - عند درجة حرارة معينة - وعند الوصول إلى هذا الحد، تنشأ حالة اتزان ديناميكى بين الجزء غير المذاب من الملح الصلب وبين الأيونات الناتجة عن تفككه، ويوصف هذا المحلول حينئذ **بالمحلول المشبع**، ويعرف تركيزه عند درجة حرارة معينة **بدرجة الذوبان**.

المحلول المشبع هو المحلول الذى تكون المادة المذابة فيه، فى حالة اتزان ديناميكى مع المادة غير المذابة.

درجة الذوبان هى تركيز المحلول المشبع من الملح شحيح الذوبان عند درجة حرارة معينة.

ومدى ذوبانية الأملاح الصلبة فى الماء واسع جدًا، فهناك :

مواد شرهة الذوبان فى الماء	مواد شحيحة الذوبان فى الماء
مثل ملح نترات البوتاسيوم ذوبانيته تساوى (at 20°C) 31.6 g/100 mL	مثل ملح كلوريد الفضة ذوبانيته تساوى (at 20°C) 0.0016 g/100 mL

ولكل ملح من الأملاح شحيحة الذوبان فى الماء مقدار ثابت (at 25°C) يعبر عن مدى ذوبانيته، يُعرف بحاصل الإذابة K_{sp}

تطبيق حاصل إذابة ملح بروميد الرصاص (II) $PbBr_2$ فى الماء.

- عند رج كمية من ملح بروميد الرصاص (II) $PbBr_2$ – شحيح الذوبان فى الماء – فإن كمية ضئيلة منه سوف تذوب فى الماء، **ويعبر عن عملية التفكك غير التام الحادث بالمعادلة التالية :**

$$PbBr_{2(s)} \rightleftharpoons Pb^{2+}_{(aq)} + 2Br^{-}_{(aq)}$$

- **وبتطبيق قانون فعل الكتلة، فإن ثابت اتزان هذه العملية يعبر عنه، كالتالى :** $K_c = [Pb^{2+}]\,[Br^-]^2$
- **ويلاحظ** عدم كتابة $[PbBr_2]$ فى العلاقة السابقة، **لأن** بروميد الرصاص (II) مادة صلبة، **لا يتغير تركيزها بتغير كميتها** ونظرًا لأن ملح بروميد الرصاص (II) شحيح الذوبان فى الماء، فإنه يستبدل K_c بـ K_{sp}
- **لتكتب على الصورة المقابلة :**

$$K_{sp} = [Pb^{2+}]\,[Br^-]^2$$

- **حاصل الإذابة K_{sp}** هو حاصل ضرب تركيز أيونات مركب أيونى شحيح الذوبان مقدرة بوحدة (mol/L) (كلٍ مرفوع لأس يساوى عدد مولات الأيونات فى معادلة التفاعل الموزونة)، والتى تتواجد فى حالة اتزان مع محلولها المشبع.
- وبما أن قيمة حاصل الإذابة K_{sp} تمثل حالة من حالات ثابت الاتزان، فإن قيمتها للملح الواحد تتغير بتغير درجة الحرارة.
- **ويلاحظ أنه ...** كلما **قلت** قيمة المقدار K_{sp} كلما كانت قابلية الملح للذوبان **أقل** «أى **يسهل** ترسبه» **والعكس صحيح.**

مثال ١

إذا تم إضافة محلول هيدروكسيد الصوديوم لمحلول يحتوى على كاتيونات Fe^{3+} ، Fe^{2+}

فأيهما يترسب أولًا ؟ مع التفسير.

علمًا بأن حاصل الإذابة لمركب $Fe(OH)_3$ يساوى 2.6×10^{-39} ولمركب $Fe(OH)_2$ يساوى 4.9×10^{-17}

الحل

يترسب هيدروكسيد الحديد (III) أولًا / **لصغر** قيمة K_{sp} له مقارنةً بقيمتها بالنسبة لهيدروكسيد الحديد (II).

مثال ٢

رتب الأملاح المقابلة تنازليًا حسب ذوبانها فى الماء :

الملح	CuS	Bi_2S_3	AgBr
K_{sp}	6×10^{-37}	2×10^{-78}	5.4×10^{-13}

الحل

∵ قابلية الملح للذوبان فى الماء تزداد بزيادة قيمة K_{sp} له.

∴ ذوبانية : $AgBr > CuS > Bi_2S_3$

حساب حاصل إذابة ملح شحيح الذوبان بدلالة معادلة عملية تأينه

إذا كان لدينا ملح شحيح الذوبان فى الماء صيغته الجزيئية A_aB_b، فإنه يمكن إيجاد حاصل إذابته بدلالة معادلة تفككه، **كالتالى :**

$$A_aB_{b(s)} \rightleftharpoons aA^{b+}_{(aq)} + bB^{a-}_{(aq)}$$

عن طريق

• تركيز الأيونات فى المحلول المشبع

باستخدام العلاقة :

$$K_{sp} = [A^{b+}]^a [B^{a-}]^b$$

- K_{sp}: حاصل إذابة الملح A_aB_b
- $[A^{b+}]$: تركيز الكاتيون A^{b+}
- $[B^{a-}]$: تركيز الأنيون B^{a-}
- a: عدد مولات الكاتيون A^{b+} من معادلة التأين
- b: عدد مولات الأنيون B^{a-} من معادلة التأين

• درجة إذابة الملح ($\mathcal{X}$)

باستخدام العلاقة :

$$K_{sp} = [a\mathcal{X}]^a [b\mathcal{X}]^b$$

- K_{sp}: حاصل إذابة الملح A_aB_b
- a: عدد مولات الكاتيون A^{b+} من معادلة التأين
- b: عدد مولات الأنيون B^{a-} من معادلة التأين

مثال ١

احسب حاصل الإذابة K_{sp} (at 25°C) لملح فوسفات الكالسيوم $Ca_3(PO_4)_2$

علمًا بأن : * تركيز أيون الكالسيوم 2×10^{-8} M

* تركيز أيون الفوسفات 1×10^{-3} M

الحل

$$Ca_3(PO_4)_{2(s)} \rightleftharpoons 3Ca^{2+}_{(aq)} + 2PO^{3-}_{4(aq)}$$

$$\therefore K_{sp} = [Ca^{2+}]^3 [PO_4^{3-}]^2$$

$$= (2 \times 10^{-8})^3 \times (1 \times 10^{-3})^2$$

$$= 8 \times 10^{-30}$$

مثال ٢

احسب حاصل الإذابة K_{sp} (at 25°C) لملح بروميد الرصاص $PbBr_2$

علمًا بأن : درجة إذابته 1.04×10^{-2} M

الحل

$$PbBr_{2(s)} \rightleftharpoons Pb^{2+}_{(aq)} + 2Br^{-}_{(aq)}$$

$$\mathcal{X}\ M \qquad (2\mathcal{X})\ M$$

$$\therefore K_{sp} = [Pb^{2+}][Br^-]^2 = (\mathcal{X})(2\mathcal{X})^2$$

$$= (1.04 \times 10^{-2}) \times (2 \times 1.04 \times 10^{-2})^2$$

$$= 4.5 \times 10^{-6}$$

مثال ٣

احسب قيمة حاصل الإذابة لملح كلوريد الفضة AgCl، علمًا بأن درجة ذوبانه فى الماء عند درجة حرارة معينة تساوى 1×10^{-5} mol/L

الحل

$$AgCl_{(s)} \rightleftharpoons Ag^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

$$\mathcal{X}\ M \qquad \mathcal{X}\ M$$

$$K_{sp} = [Ag^+][Cl^-] = (\mathcal{X})(\mathcal{X}) = (1 \times 10^{-5}) \times (1 \times 10^{-5}) = 10^{-10}$$

مثال ٤

احسب $[Ba^{2+}]$ فى المحلول المشبع من كبريتات الباريوم، علمًا بأن حاصل إذابته 1.1×10^{-10}،
عند درجة حرارة معينة.

الحل

$$BaSO_{4(s)} \rightleftharpoons Ba^{2+}_{(aq)} + SO^{2-}_{4(aq)}$$

$$K_{sp} = [Ba^{2+}]\,[SO_4^{2-}]$$

∵ عدد مولات Ba^{2+} = عدد مولات SO_4^{2-} «من معادلة التفاعل» مع ثبوت حجم المحلول.

$$\therefore [Ba^{2+}] = [SO_4^{2-}]$$

$$\therefore K_{sp} = [Ba^{2+}]^2 = 1.1 \times 10^{-10}$$

$$\therefore [Ba^{2+}] = \sqrt{1.1 \times 10^{-10}} = 1.05 \times 10^{-5}\ M$$

مثال ٥

احسب درجة إذابة كبريتات الفضة Ag_2SO_4 فى الماء، إذا علمت أن حاصل الإذابة K_{sp} يساوى 1.0976×10^{-5}

الحل

$$Ag_2SO_{4(s)} \rightleftharpoons 2Ag^{+}_{(aq)} + SO^{2-}_{4(aq)}$$

$$(2X)\ M \qquad X\ M$$

$$K_{sp} = [Ag^+]^2\,[SO_4^{2-}] = (2X)^2\,(X) = 1.0976 \times 10^{-5}$$

$$4X^3 = 1.0976 \times 10^{-5}$$

«درجة إذابة Ag_2SO_4» $X = \sqrt[3]{\dfrac{1.0976 \times 10^{-5}}{4}} = 1.4 \times 10^{-2}\ M$

مثال ٦

طبقًا للتفاعل :

$$Cu(NO_3)_{2(aq)} + 2NaIO_{3(aq)} \longrightarrow 2NaNO_{3(aq)} + Cu(IO_3)_{2(s)}$$

وضح بالحسابات الكيميائية هل يتكون راسب من $Cu(IO_3)_2$ عند خلط 90 mL من محلول $Cu(NO_3)_2$
تركيزه 0.01 M مع 10 mL من محلول $NaIO_3$ تركيزه 0.01 M
علمًا بأن حاصل إذابة ملح $Cu(IO_3)_2$ يساوى 6.9×10^{-8}

الحـــل

عدد المولات = التركيز (M) × الحجم (L)

عدد مولات $Cu(NO_3)_2$ = $0.09 \times 0.01 = 9 \times 10^{-4}$ mol

عدد مولات $(NaIO_3)$ = $0.01 \times 0.01 = 1 \times 10^{-4}$ mol

حجم الخليط (V) = $90 + 10 = 100$ mL $= 0.1$ L

التركيز = $\frac{\text{عدد المولات (mol)}}{\text{الحجم (L)}}$

$$Cu(NO_3)_{2(aq)} \longrightarrow Cu^{2+}_{(aq)} + 2NO^-_{3(aq)}$$

1 mol   1 mol

$$[Cu(NO_3)_2] = [Cu^{2+}] = \frac{9 \times 10^{-4}}{0.1} = 9 \times 10^{-3}\ M$$

$$NaIO_{3(aq)} \longrightarrow Na^+_{(aq)} + IO^-_{3(aq)}$$

1 mol   1 mol

$$[NaIO_3] = [IO_3^-] = \frac{1 \times 10^{-4}}{0.1} = 1 \times 10^{-3}\ M$$

$$Cu(IO_3)_{2(s)} \rightleftharpoons Cu^{2+}_{(aq)} + 2IO^-_{3(aq)}$$

$$\because [Cu^{2+}][IO_3^-]^2 = (9 \times 10^{-3}) \times (1 \times 10^{-3})^2 = 9 \times 10^{-9}$$

$$\because K_{sp} = 6.9 \times 10^{-8}$$

∴ **لا يتكون** راسب / **لأن** قيمة $K_{sp} > [Cu^{2+}]\ [IO_3^-]^2$.

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: استنتاج حاصل الإذابة لملح.

① أى مما يأتى يعبر عن حاصل إذابة ملح فوسفات الخارصين ؟

Ⓐ $K_{sp} = [Zn^{2+}]\ [PO_4^{3-}]$

ⓑ $K_{sp} = [Zn^{2+}]^3\ [PO_4^{3-}]^2$

ⓒ $K_{sp} = [Zn^{2+}]\ [2PO_4^{3-}]$

ⓓ $K_{sp} = [3Zn^{2+}]^3\ [2PO_4^{3-}]^2$

فكرة الحـل :

يُعبر عن الاتزان الحادث فى المحلول المشبع من ملح فوسفات الخارصين، بالمعادلة التالية :

$$Zn_3(PO_4)_{2(s)} \rightleftharpoons 3Zn^{2+}_{(aq)} + 2PO^{3-}_{4(aq)}$$

الحـل : الاختيار الصحيح : ⓑ

٢ إذا كانت درجة ذوبان ملح يودات النحاس (II) $Cu(IO_3)_2$ هى 3.3×10^{-3} M عند درجة حرارة معينة. فما قيمة K_{sp} له ؟

Ⓐ 1.4×10^{-7} Ⓑ 1.1×10^{-5} Ⓒ 3.3×10^{-3} Ⓓ 5.1×10^{-1}

فكرة الحل :

∵ درجة ذوبان الملح شحيح الذوبان هى تركيز المحلول المشبع منه عند درجة حرارة معينة.

∴ تركيز المحلول المشبع من $Cu(IO_3)_2$ يساوى 3.3×10^{-3} M

$$Cu(IO_3)_{2(s)} \rightleftharpoons \underset{X\,M}{Cu^{2+}_{(aq)}} + \underset{(2X)\,M}{2IO^-_{3(aq)}}$$

$$K_{sp} = [Cu^{2+}]\,[IO_3^-]^2$$
$$= (X)\,(2X)^2$$
$$= 3.3 \times 10^{-3} \times (2 \times 3.3 \times 10^{-3})^2$$
$$= 1.4 \times 10^{-7}$$

الحل : الاختيار الصحيح : Ⓐ

---

٣ ما قيمة K_{sp} لملح MnS إذا علمت أن اللتر الواحد من المحلول المشبع منه يحتوى على 2.3×10^{-6} g ؟ [Mn = 54.94 , S = 32]

Ⓐ 4.9×10^{-31} Ⓑ 2.3×10^{-6} Ⓒ 6.76×10^{-16} Ⓓ 5.3×10^{-12}

فكرة الحل :

الكتلة المولية من MnS = 54.94 + 32 = 86.94 g/mol

عدد مولات MnS = $\frac{2.3 \times 10^{-6}}{86.94} = 2.6 \times 10^{-8}$ mol

∵ حجم المحلول 1 L

∴ تركيز المحلول المشبع من MnS = 2.6×10^{-8} M

$$MnS_{(s)} \rightleftharpoons Mn^{2+}_{(aq)} + S^{2-}_{(aq)}$$

$$K_{sp} = [Mn^{2+}][S^{2-}]$$
$$= (2.6 \times 10^{-8}) \times (2.6 \times 10^{-8}) = 6.76 \times 10^{-16}$$

الحل : الاختيار الصحيح : Ⓒ

٤ إذا كان حاصل إذابة A_2X_3 يساوى 1.08×10^{-23} فإن درجة ذوبانه تساوى ....

ⓐ 1×10^{-3} M ⓑ 1×10^{-4} M ⓒ 1×10^{-5} M ⓓ 1×10^{-6} M

فكرة الحل :

$$A_2X_{3(s)} \rightleftharpoons 2A^{3+}_{(aq)} + 3X^{2-}_{(aq)}$$

$$(2X)\ M \qquad (3X)\ M$$

$$K_{sp} = [A^{3+}]^2 [X^{2-}]^3 = (2X)^2 (3X)^3 = 1.08 \times 10^{-23}$$

$$(4X^2)(27X^3) = 108X^5 = 1.08 \times 10^{-23}$$

$$\therefore X = \sqrt[5]{\frac{1.08 \times 10^{-23}}{108}} = 1 \times 10^{-5}\ M$$

* خطوات الحل باستخدام الآلة الحاسبة :

$x = \text{shift} \longrightarrow x^{\blacksquare} \longrightarrow \sqrt[5]{\frac{\quad}{\quad}} \longrightarrow =$

الحل : الاختيار الصحيح : ⓒ

---

٥ تقل ذوبانية ملح كربونات الماغنسيوم فى محلوله المشبع، عندما يضاف إليه ....

ⓐ H_2O ⓑ NaCl ⓒ NaOH ⓓ Na_2CO_3

فكرة الحل :

$$MgCO_{3(s)} \rightleftharpoons Mg^{2+}_{(aq)} + CO^{2-}_{3(aq)}$$

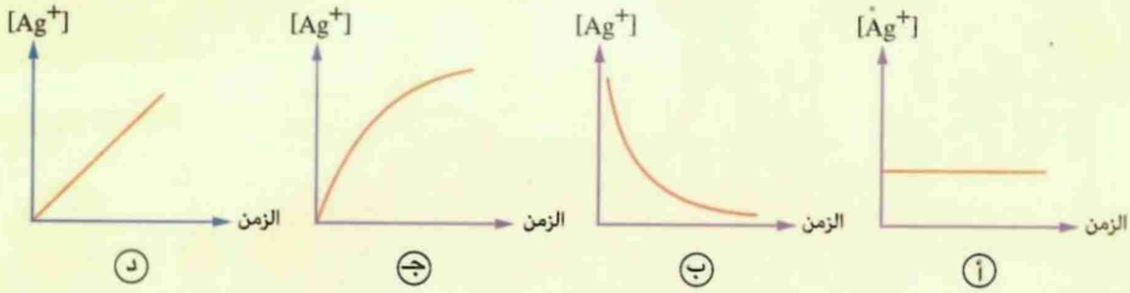
المادة التى تقلل ذوبانية ملح كربونات الماغنسيوم هى التى تجعل الاتزان الحادث يزاح فى الاتجاه العكسى (اتجاه تكوين $MgCO_3$).

∵ عند إضافة المزيد من أيونات CO_3^{2-} إلى هذا النظام المتزن، فإنه ينشط فى اتجاه تكوين المزيد من $MgCO_3$

∴ تقل ذوبانية ملح $MgCO_3$ فى المحلول المشبع منه عند إضافة Na_2CO_3

الحل : الاختيار الصحيح : ⓓ

٦ أى الأشكال البيانية الآتية يعبر عن $[Ag^+]$ فى المحلول المشبع من كلوريد الفضة AgCl بمرور الزمن (عند ثبات درجة الحرارة) ؟



فكرة الحل :

∵ فى المحلول المشبع من كلوريد الفضة يكون $[Ag^+]$ فى حالة اتزان ديناميكى مع المادة غير المذابة عند نفس درجة الحرارة.

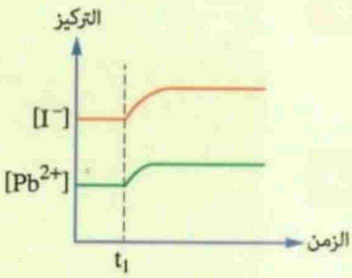
∴ يظل $[Ag^+]$ ثابتًا بمرور الزمن.

الحل : الاختيار الصحيح : (أ)

---

٧ الشكل البيانى المقابل : يعبر عن التغير الحادث فى تركيزى كل من أنيون اليوديد وكاتيون الرصاص (II) عند التأثير بمؤثر خارجى على المحلول المشبع من PbI_2 عند الزمن t_1

ما هذا المؤثر الخارجى ؟



(أ) إضافة المزيد من PbI_2

(ب) زيادة حجم وعاء التفاعل.

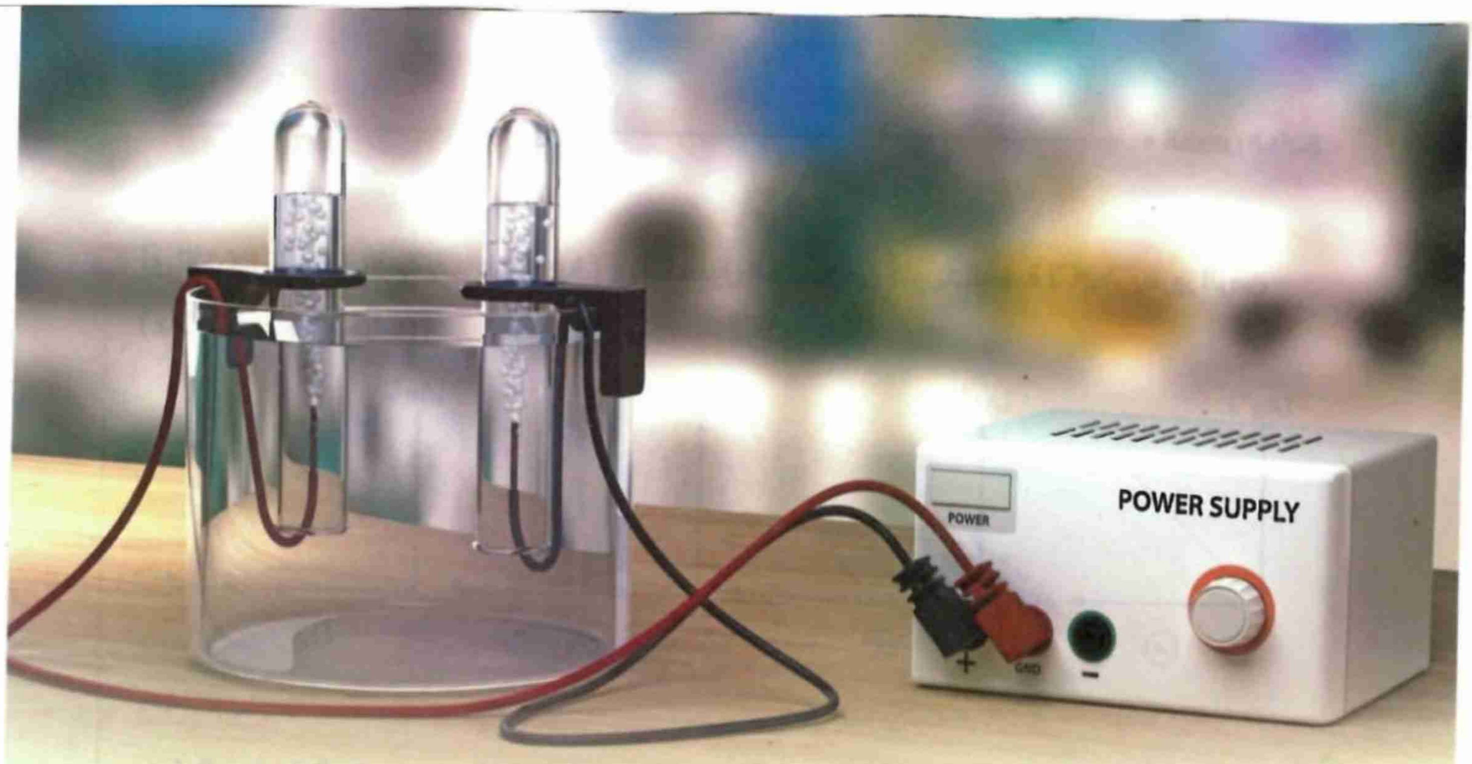
(ج) تبخير الماء.

(د) رفع درجة الحرارة.

فكرة الحل :

تركيز أيونات الملح (قابلية الأملاح للذوبان فى الماء) تزداد برفع درجة حرارة المحلول المشبع.

الحل : الاختيار الصحيح : (د)



الباب 4

الكيميـاء الكهربيـة

الدرس الأول
من | بدايـــة البـــاب.
إلى | ما قبل الخلايا الجلفانية وإنتاج الطاقة الكهربية.

الدرس الثانى
من | الخلايا الجلفانية وإنتاج الطاقة الكهربية.
إلى | ما قبــل تــآكــل المــعـــادن.

الدرس الثالث
من | تــآكــل المعـــادن.
إلى | ما قبــل الخلايــا الإلكتــروليتيـــة.

الدرس الرابع
من | الخلايا الإلكتروليتية.
إلى | ما قبل تطبيقات على التحليل الكهربى.

الدرس الخامس
من | تطبيقات على التحليل الكهربى.
إلى | نهاية البـــاب.

مخرجات تعلم الباب

فى نهاية هذا الباب ينبغى أن يكون الطالب قادرًا على أن :

- يميز بين مفهوم الأكسدة والاختزال ويذكر أمثلة لكل منهما.
- يستخدم عدد التأكسد فى تحديد التغير الحادث لذرة العنصر من حيث الأكسدة والاختزال.
- يحدد عمليتى الأكسدة والاختزال فى التفاعلات الكهروكيميائية.
- يكتب الرمز الاصطلاحى للخلية الجلفانية.
- يفسر التفاعلات التى تحدث فى الخلية الجلفانية ودور القنطرة الملحية.
- يحسب القوة الدافعة الكهربية للخلية الجلفانية.
- يستخدم قطب الهيدروچين القياسى فى قياس جهود الأقطاب الأخرى.
- يتعرف سلسلة الجهود الكهربية اعتمادًا على قيمة الجهد الكهربى.
- يستخدم سلسلة الجهود الكهربية فى تحديد نوع التفاعل (تلقائى أم غير تلقائى).
- يتعرف أنواع مختلفة من الخلايا الجلفانية.
- يحدد أهمية تفاعلات الأكسدة والاختزال وتطبيقاتها فى الحياة (مثل صدأ الحديد وطرق الوقاية منه).
- يفسر التفاعلات التى تحدث فى الخلايا التحليلية.
- يستنتج نواتج التحليل الكهربى لمحاليل ومصاهير الأملاح.
- يميز بين الخلايا الجلفانية والخلايا الإلكتروليتية.
- يحقق قانونى فاراداى عمليًا.
- يحسب كمية المادة المترسبة باستخدام قانونى فاراداى.
- يتعرف على تطبيقات الخلايا الإلكتروليتية.

علم الكيمياء الكهربية

- تعتبر الطاقة الكهربية من أهم صور الطاقة وأكثرها صداقة للبيئة.
- ويعرف العلم الذى يهتم بدراسة التحول المتبادل بين الطاقة الكيميائية والطاقة الكهربية من خلال تفاعلات الأكسدة والاختزال **بعلم الكيمياء الكهربية**.
- **تفاعلات الأكسدة والاختزال** هى تفاعلات كيميائية تنتقل فيها الإلكترونات من أحد المواد المتفاعلة إلى المادة الأخرى الداخلة معها فى التفاعل الكيميائى.

الأكسدة

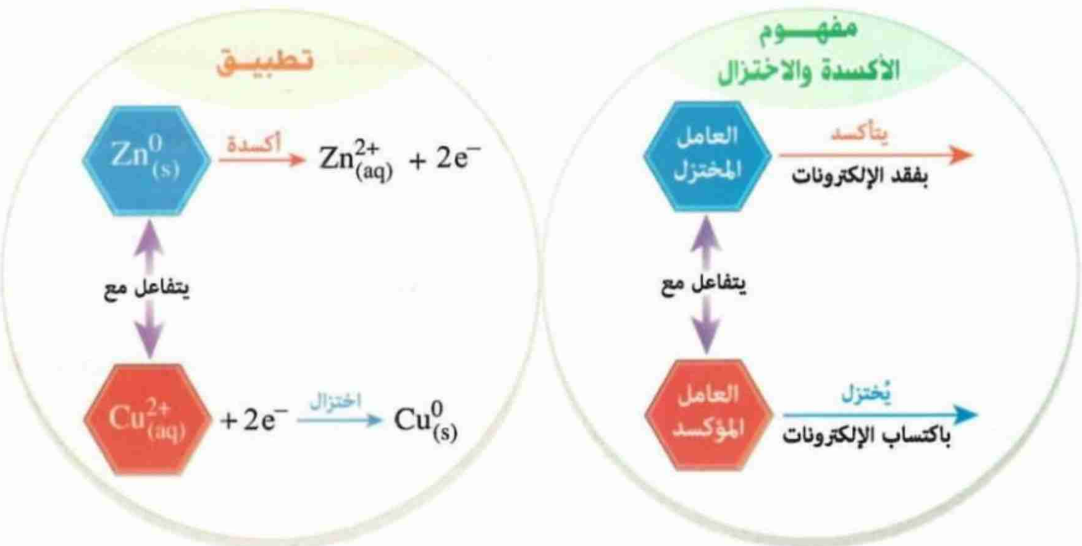
عملية فقد إلكترونات
يتبعها حدوث
زيادة فى
عدد التأكسد



الاختزال

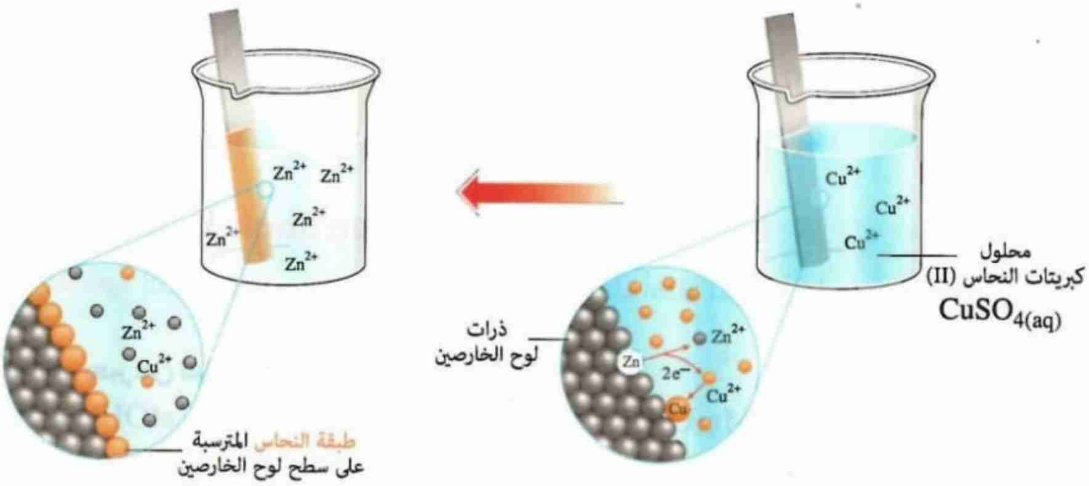
عملية اكتساب إلكترونات
يتبعها حدوث
نقص فى
عدد التأكسد

عمليتى الأكسدة والاختزال يتبعهما تغير فى أعداد التأكسد



تجربة : تفاعل أكسدة و اختزال

أغمس صفيحة من الخارصين (Zn) فى محلول كبريتات النحاس (II) $CuSO_4$ أزرق اللون ... **ماذا تلاحظ ؟**



الملاحظة	الاستنتاج
١ يتآكل سطح لوح الخارصين.	تحدث عملية أكسدة Oxidation لذرات الخارصين $Zn_{(s)}$ فتتحول إلى كاتيونات خارصين $Zn^{2+}_{(aq)}$ تذوب فى المحلول. $Zn^0_{(s)} \xrightarrow{Oxidation} Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^-$ ....(1)
٢ تترسب طبقة من النحاس على سطح لوح الخارصين.	تحدث عملية اختزال Reduction لكاتيونات النحاس (II) الموجودة فى محلول كبريتات النحاس (II) $Cu^{2+}_{(aq)}$ – باكتساب الإلكترونات الناتجة عن عملية أكسدة الخارصين – فتتحول إلى ذرات نحاس $Cu_{(s)}$ تترسب على سطح لوح الخارصين. $Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \xrightarrow{Reduction} Cu^0_{(s)}$ ....(2)
٣ تقل درجة لون محلول كبريتات النحاس (II) الأزرق تدريجيًا ، حتى يصبح عديم اللون.	يقل تركيز كاتيونات النحاس (II) $Cu^{2+}_{(aq)}$ فى المحلول تدريجيًا ، فى نفس الوقت الذى يزداد فيه تركيز كاتيونات الخارصين $Zn^{2+}_{(aq)}$

وبجمع المعادلتين (1) ، (2) معًا نحصل على معادلة تفاعل الأكسدة والاختزال التلقائى الحادث :

$$Zn^0_{(s)} + Cu^{2+}_{(aq)} \longrightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + Cu^0_{(s)}$$

(Oxidation أكسدة : $Zn^0 \rightarrow Zn^{2+}$ — Reduction اختزال : $Cu^{2+} \rightarrow Cu^0$)

ملحوظة

يختفى اللون الأزرق لمحلول كبريتات النحاس (II) عند وضع لوح من الخارصين فيه،

لإحلال الخارصين محل النحاس فى محلول كبريتات النحاس (II) الأزرق – من خلال تفاعل الأكسدة والاختزال – مكونًا محلول كبريتات الخارصين عديم اللون.

$$Zn_{(s)} + \underset{\text{(أزرق اللون)}}{CuSO_{4(aq)}} \longrightarrow \underset{\text{(عديم اللون)}}{ZnSO_{4(aq)}} + Cu_{(s)}$$

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: التميز بين مفهوم الأكسدة والاختزال ويذكر أمثلة لكل منهما.

أى مما يلى يعبر عن تفاعل أكسدة واختزال ؟

ⓐ $Ca + 2H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2 + H_2$

ⓑ $MgO + H_2O \longrightarrow Mg(OH)_2$

ⓒ $NaCl + AgNO_3 \longrightarrow AgCl + NaNO_3$

ⓓ $Na_2CO_3 + 2HCl \longrightarrow 2NaCl + CO_2 + H_2O$

فكرة الحل :

أكسدة ($Ca^0 \rightarrow Ca^{2+}$)

$$Ca^0 + 2H_2^+O^{2-} \longrightarrow Ca^{2+}(OH)_2^- + H_2^0$$

اختزال ($H^+ \rightarrow H_2^0$)

∵ كل ذرة Ca تفقد 2 إلكترون متحولة إلى أيون كالسيوم Ca^{2+} ، بينما تكتسب أيونات H^+ هذه الإلكترونات المفقودة متحولة إلى جزيئات H_2

∴ يحدث تفاعل أكسدة واختزال.

الحل : الاختيار الصحيح : ⓐ

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: استخدام عدد التأكسد فى تحديد التغير الحادث لذرة العنصر من حيث الأكسدة والاختزال.

المعادلة التالية تُعبر عن تفاعل أكسدة و اختزال :

$$3SO_2 + 3H_2O + ClO_3^- \longrightarrow 3SO_4^{2-} + 6H^+ + Cl^-$$

أى مما يلى يُعبر عن معادلة تفاعل الاختزال ؟

ⓐ $ClO_3^- + 6H^+ \longrightarrow Cl^- + 3H_2O + 6e^-$

ⓑ $ClO_3^- + 6H^+ + 6e^- \longrightarrow Cl^- + 3H_2O$

ⓒ $SO_2 + 2H_2O \longrightarrow SO_4^{2-} + 4H^+ + 2e^-$

ⓓ $SO_2 + 2H_2O + 2e^- \longrightarrow SO_4^{2-} + 4H^+$

فكرة الحل :

$$\overset{4+}{3SO_2} + 3H_2O + \overset{5+}{ClO_3^-} \longrightarrow \overset{6+}{3SO_4^{2-}} + 6H^+ + \overset{1-}{Cl^-}$$

(اختزال: من ClO_3^- إلى Cl^-)

∵ الكبريت تحدث له عملية أكسدة نتيجة لزيادة عدد تأكسده من 4+ إلى 6+

∴ يستبعد الاختيارين ⓙ ، ⓓ

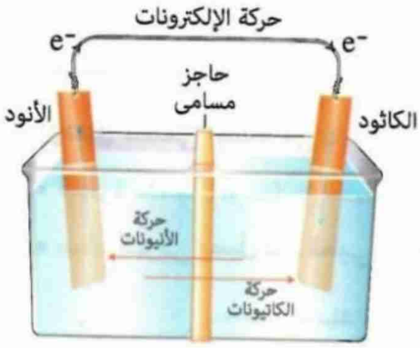
∵ الكلور تحدث له عملية اختزال نتيجة لنقص عدد تأكسده من 5+ إلى 1−
وعملية الاختزال تكون مصحوبة باكتساب الإلكترونات.

الحل : الاختيار الصحيح : ⓑ

الخلايا الكهربية

هناك تفاعلات أكسدة واختزال، تكون مصحوبة بانطلاق أو امتصاص طاقة تتم داخل أنظمة خاصة، تعرف باسم **الخلايا الكهربية**.

تتفق جميع الخلايا الكهربية فيما يلى :



ينتقل التيار الكهربى فى الخلايا الكهربية نتيجة لحركة الإلكترونات والأيونات

١ تتكون من قطبين، هما :

- **الأنود :** وهو القطب الذى تتراكم الإلكترونات على سطحه وتنتقل منه (تحدث له أو عنده عملية **أكسدة**).
- **الكاثود :** وهو القطب الذى تنتقل الإلكترونات إلى سطحه (تحدث عنده عملية **اختزال**).

٢ ينتقل فيها التيار الكهربى، نتيجة لحركة :

- الإلكترونات فى السلك الخارجى (الموصل المعدنى).
- الأيونات فى الإلكتروليت.

بحيث تتحرك :
- الأنيونات (الأيونات السالبة) : باتجاه الأنود.
- الكاتيونات (الأيونات الموجبة) : باتجاه الكاثود.

وانتقال التيار الكهربى فى الخلية يعنى أنها دائرة مغلقة.

الإلكتروليتات هى محاليل الأملاح أو الأحماض أو القواعد أو مصاهير الأملاح أو الأكاسيد الموصلة للتيار الكهربى.

تصنف الخلايا الكهربية إلى

أولاً: خلايا جلفانية

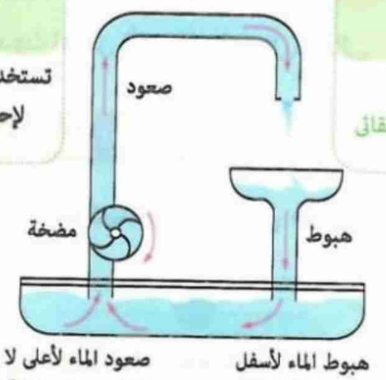
يمكن الحصول منها على تيار كهربى، نتيجة حدوث تفاعل أكسدة و اختزال تلقائى

«موضوع الدرس الأول»

ثانياً: خلايا إلكتروليتية (تحليلية)

تستخدم فيها الطاقة الكهربية من مصدر خارجى لإحداث تفاعل أكسدة و اختزال غير تلقائى

«موضوع الدرس الرابع»



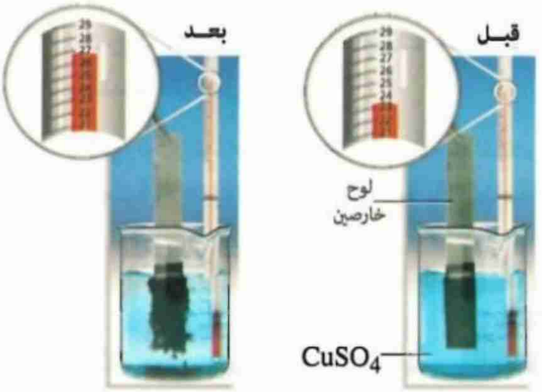
هبوط الماء لأسفل يتم بشكل تلقائى بفعل الجاذبية الأرضية (عملية تلقائية)

صعود الماء لأعلى لا يتم إلا فى وجود مضخة رفع (تمثل البطارية فى الخلايا التحليلية) (عملية غير تلقائية)

أولاً الخلايا الجلفانية

- يُصاحب تفاعل الخارصين مع محلول كبريتات النحاس (II) انطلاق طاقة حرارية :

$$Zn_{(s)} + CuSO_{4(aq)} \longrightarrow ZnSO_{4(aq)} + Cu_{(s)}$$
$$\Delta H = -217.6\ kJ/mol$$



تفاعل الخارصين مع محلول كبريتات النحاس (II) طارد للحرارة

- ولتحويل الطاقة الحرارية المنطلقة إلى طاقة كهربية

يلزم عمل ما يلى :

- **فصل** التفاعل الحادث إلى نصفى تفاعل (تفاعل أكسدة و تفاعل اختزال) فى مكانين منفصلين عن بعضهما، يطلق على كل منهما مصطلح نصف خلية.
- **توصيل** نصفى الخلية فى دائرة مغلقة **عن طريق :**
  - قنطرة ملحية (أو حاجز مسامى) تصل بين محلولى نصفى الخلية.
  - سلك كهربى يصل بين قطبى نصفى الخلية.



خلية جلفانية

- **ويُعرف هذا النوع (النظام) من الخلايا الكهربية باسم** الخلايا الجلفانية وهى نوع من الخلايا الكهربية، يمكن الحصول منها على تيار كهربى، نتيجة حدوث تفاعل (أكسدة - اختزال) تلقائى.

خلية دانيال كأبسط نموذج للخلايا الجلفانية

تتركب خلية دانيال من :

أ	ب	ج
نصف خلية الخارصين	نصف خلية النحاس	القنطرة الملحية

أ نصف خلية الخارصين القياسية

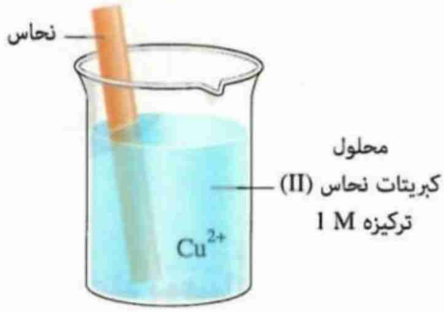
- تتكون نصف خلية الخارصين القياسية من وعاء به لوح (قطب) من الخارصين $Zn_{(s)}$ مغمور جزئيًا فى محلول مائى من أحد أملاح الخارصين (أى محلول يحتوى على كاتيونات الخارصين $Zn^{2+}_{(aq)}$) تركيزه 1 M عند درجة حرارة 25°C



نصف خلية الخارصين القياسية

ب نصف خلية النحاس القياسية

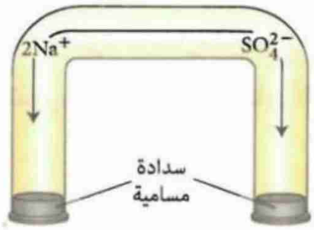
- تتكون نصف خلية النحاس القياسية من وعاء به لوح (قطب) من النحاس $Cu_{(s)}$ مغمور جزئيًا فى محلول مائى من أحد أملاح النحاس (II) (أى محلول يحتوى على كاتيونات النحاس (II) $Cu^{2+}_{(aq)}$) تركيزه 1 M عند درجة حرارة 25°C



نصف خلية النحاس القياسية

ج القنطرة الملحية

- تتركب القنطرة الملحية من أنبوبة زجاجية على هيئة حرف U مقلوب، وتملأ بمحلول إلكتروليتى مثل كبريتات الصوديوم Na_2SO_4 مذاب فى مادة چيلاتينية.
- ولا تتفاعل أيونات هذا المحلول الإلكتروليتى مع أيونات محلولى نصفى الخلية، ولا مع قطبيها.



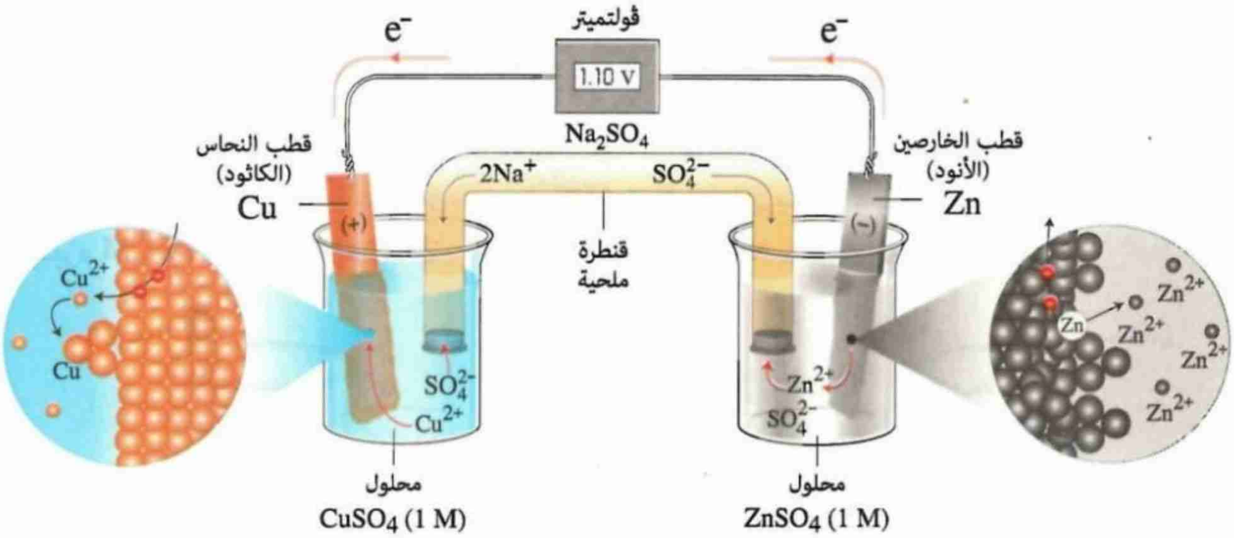
قنطرة ملحية

- نصفى الخلية أ ، ب ، لا يمكن الحصول من أيًا منهما منفردًا على تيار كهربى،
لأن كل منهما يعمل كدائرة مفتوحة، لا تسرى الإلكترونات منها أو إليها.
- **وللحصول منهما على تيار كهربى، يتم توصيل كل من :**
  - قطب الخارصين الموجود فى نصف خلية الخارصين بقطب النحاس الموجود فى نصف خلية النحاس بسلك معدنى.
  - محلول كبريتات الخارصين الموجود فى نصف خلية الخارصين بمحلول كبريتات النحاس (II) الموجود فى نصف خلية النحاس بواسطة قنطرة ملحية أو حاجز مسامى.



خلية دانيال

تفسير ما يحدث عند غلق الدائرة الكهربية



عند توصيل نصفى الخلية وتكوين خلية جلفانية كاملة، يحدث ما يلى :

١ فى نصف خلية الخارصين

تتأكسد ذرات لوح الخارصين مكونة كاتيونات خارصين $Zn^{2+}_{(aq)}$، تذوب فى محلول كبريتات الخارصين

$$Zn^0_{(s)} \xrightarrow{\text{Oxidation}} Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^- \quad \cdots (1)$$

لذا يطلق على :

- **نصف خلية الخارصين :** مصطلح نصف خلية الأنود.
- **قطب الخارصين :** مصطلح الأنود (المصعد) وهو يمثل القطب السالب فى هذه الخلية، لتراكم الإلكترونات الناتجة عن عملية الأكسدة على سطحه.

٢ تنتقل الإلكترونات

فى صورة تيار كهربى فى السلك الخارجى من قطب الخارصين إلى قطب النحاس

٣ فى نصف خلية النحاس

تنتقل كاتيونات النحاس (II) $Cu^{2+}_{(aq)}$ الموجودة فى محلول نصف خلية النحاس نحو قطب النحاس، لتكتسب الإلكترونات الناتجة عن عملية الأكسدة، **فتُختزل** إلى ذرات نحاس، تترسب على قطب النحاس

$$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \xrightarrow{\text{Reduction}} Cu^0_{(s)} \quad \cdots (2)$$

لذا يطلق على :

- **نصف خلية النحاس :** مصطلح نصف خلية الكاثود.
- **قطب النحاس :** مصطلح الكاثود (المهبط) وهو يمثل القطب الموجب فى هذه الخلية.

ويجمع التفاعلين (1) ، (2) نحصل على معادلة التفاعل الكلى الحادث فى خلية دانيال، وهى :

$$Zn^0_{(s)} + Cu^{2+}_{(aq)} \longrightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + Cu^0_{(s)}$$

(Oxidation: $Zn^0 \rightarrow Zn^{2+}$ ، Reduction: $Cu^{2+} \rightarrow Cu^0$)

٤ وباستمرار حدوث تفاعلى نصفى الخلية



الأنود (Zn) الكاثود (Cu)

بعد فترة من مرور التيار الكهربى

تقل كتلة الأنود (Zn)

ويزداد تركيز محلول نصف خلية الأنود $(ZnSO_4)$، **لحدوث** عملية أكسدة لقطب الأنود وذوبان الكاتيونات (Zn^{2+}) الناتجة عن عملية الأكسدة فى محلول نصف خلية الأنود

تزداد كتلة الكاثود (Cu)

ويقل تركيز محلول نصف خلية الكاثود $(CuSO_4)$، **لحدوث** عملية اختزال لكاتيونات محلول نصف خلية الكاثود (Cu^{2+}) وتراكم الذرات الناتجة عن عملية الاختزال على قطب الكاثود

ويترتب على ذلك

زيادة تركيز كاتيون الخارصين $[Zn^{2+}]$ فى محلول نصف خلية الخارصين

زيادة تركيز أنيون الكبريتات $[SO_4^{2-}]$ فى محلول نصف خلية النحاس

وإذا استمر تراكم الأيونات فى محلولى نصفى الخلية
فسوف يتوقف مرور التيار الكهربى،
لتوقف تفاعل الأكسدة والاختزال التلقائى الحادث

ولاستمرار مرور التيار الكهربى تتحرك الأيونات الزائدة الموجودة فى محلولى نصفى الخلية (Zn^{2+} , SO_4^{2-}) وأيونات القنطرة الملحية $(2Na^+ , SO_4^{2-})$ عبر القنطرة الملحية (أو الحاجز المسامى)، **كالتالى :**

- **تتحرك الأنيونات** SO_4^{2-} نحو نصف خلية الأنود (نصف خلية الخارصين) لمعادلة كاتيونات الخارصين Zn^{2+} الزائدة

$$Zn^{2+}_{(aq)} + SO^{2-}_{4(aq)} \longrightarrow ZnSO_{4(aq)}$$

(Zn^{2+}: فى محلول نصف خلية الخارصين، SO_4^{2-}: من محلول القنطرة الملحية)

- **تتحرك الكاتيونات** Na^+ نحو نصف خلية الكاثود (نصف خلية النحاس) لمعادلة أنيونات الكبريتات SO_4^{2-} الزائدة

$$2Na^{+}_{(aq)} + SO^{2-}_{4(aq)} \longrightarrow Na_2SO_{4(aq)}$$

($2Na^+$: من محلول القنطرة الملحية، SO_4^{2-}: فى محلول نصف خلية النحاس)

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: تحديد عمليتى الأكسدة والاختزال فى التفاعلات الكهروكيميائية.

١ يعبر عن التفاعل الحادث فى خلية جلفانية بالمعادلة الأيونية : $Co^{2+}_{(aq)} + Fe_{(s)} \longrightarrow Co_{(s)} + Fe^{2+}_{(aq)}$

أى مما يأتى يعبر عن التفاعل الحادث ؟

(أ) تتأكسد أيونات الكوبلت.

(ب) تختزل أيونات الكوبلت نتيجة فقد الإلكترونات.

(ج) تتأكسد ذرات الحديد.

(د) تختزل ذرات الحديد باكتساب الإلكترونات.

فكرة الحل :

∵ الاختزال هو عملية اكتساب إلكترونات ينتج عنه نقص فى الشحنة الموجبة.

∴ أيونات Co^{2+} تحدث لها عملية اختزال

وعليه يستبعد الاختيارين (أ) ، (ب)

∵ الأكسدة هى عملية فقد إلكترونات ينتج عنها زيادة فى الشحنة الموجبة.

∴ ذرات الحديد Fe تحدث لها عملية أكسدة.

الحل : الاختيار الصحيح : (ج)

---

٢ المعادلة الأيونية الآتية تعبر عن التفاعل الحادث فى أحد الخلايا الجلفانية :

$$Ba^{0}_{(s)} + Zn^{2+}_{(aq)} \longrightarrow Ba^{2+}_{(aq)} + Zn^{0}_{(s)}$$

أى مما يلى يُعبر عما يحدث عند تشغيل الخلية ؟

(أ) كل ذرة Ba تفقد $2e^-$ وكل أيون Zn^{2+} يكتسب $2e^-$

(ب) كل ذرة Ba تفقد $2e^-$ وكل أيون Zn^{2+} يفقد $2e^-$

(ج) كل ذرة Ba تكتسب $2e^-$ وكل أيون Zn^{2+} يفقد $2e^-$

(د) كل ذرة Ba تكتسب $2e^-$ وكل أيون Zn^{2+} يكتسب $2e^-$

فكرة الحل :

∵ كل ذرة Ba تتحول إلى أيون Ba^{2+}

∴ كل ذرة Ba تفقد $2e^-$

وعليه يستبعد الاختيارين (ج) ، (د)

∵ كل أيون Zn^{2+} يتحول إلى ذرة Zn

∴ كل أيون Zn^{2+} يكتسب $2e^-$

الحل : الاختيار الصحيح : (أ)

- وقد اتفق على تمثيل أى خلية جلفانية برمز اصطلاحى يُعبر عن تفاعل الأكسدة والاختزال الحادث فيها، كالتالى :

الطرف الأيمن (يمثل نصف خلية الكاثود)

يكتب فيه تفاعل الاختزال الحادث ويتم الفصل بين حالتى التأكسد (أيونات العنصر فى المحلول الإلكتروليتى وقطبه) بخط مائل

اتجاه مرور التيار الكهربى

الطرف الأيسر (يمثل نصف خلية الأنود)

يكتب فيه تفاعل الأكسدة الحادث ويتم الفصل بين حالتى التأكسد (قطب العنصر وأيوناته فى المحلول الإلكتروليتى) بخط مائل

$$M^0_{(s)} / M^{2+}_{(aq)xM} \; // \; X^{2+}_{(aq)xM} / X^0_{(s)}$$

يتم الفصل بين الطرفين بـ :

- خطين متوازيين مائلين // فى حالة استخدام القنطرة الملحية.
- خط رأسى متقطع ¦ فى حالة استخدام الحاجز المسامى.

xM : يعبر عن قيمة تركيز المحلول.

∴ يعبر عن الرمز الاصطلاحى لخلية دانيال كالتالى : $Zn^0_{(s)} / Zn^{2+}_{(aq)} // Cu^{2+}_{(aq)} / Cu^0_{(s)}$

- **تطبيق ١** الخلية الجلفانية التى يحدث فيها التفاعلين التاليين :

- $Mg^0_{(s)} \xrightarrow{\text{Oxidation}} Mg^{2+}_{(aq)} + 2e^-$
- $Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^- \xrightarrow{\text{Reduction}} Zn^0_{(s)}$

يعبر عنها بالرمز الاصطلاحى التالى :

$$Mg^0_{(s)} / Mg^{2+}_{(aq)} // Zn^{2+}_{(aq)} / Zn^0_{(s)}$$

- **تطبيق ٢** الخلية الجلفانية التى يحدث فيها التفاعلين التاليين :

- $2Li^0_{(s)} \xrightarrow{\text{Oxidation}} 2Li^+_{(aq)} + 2e^-$
- $Ni^{2+}_{(aq)} + 2e^- \xrightarrow{\text{Reduction}} Ni^0_{(s)}$

يعبر عنها بالرمز الاصطلاحى التالى :

$$2Li^0_{(s)} / 2Li^+_{(aq)} // Ni^{2+}_{(aq)} / Ni^0_{(s)}$$

مثال

اكتب الرمز الاصطلاحى للخلية الجلفانية التى يحدث بها التفاعل التالى :

$$Ni^{2+}_{(aq)} + Fe^{0}_{(s)} \longrightarrow Ni^{0}_{(s)} + Fe^{2+}_{(aq)}$$

مع توضيح :

- الأنود و الكاثود.
- اتجاه سريان التيار الكهربى فى السلك الخارجى.

الحل

$$Fe^{0}_{(s)} / Fe^{2+}_{(aq)} // Ni^{2+}_{(aq)} / Ni^{0}_{(s)}$$

الكاثود ← (اتجاه مرور التيار) **الأنود**

يسرى التيار فى السلك الخارجى من الأنود (الحديد Fe) إلى الكاثود (النيكل Ni).

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: كتابة الرمز الاصطلاحى للخلية الجلفانية.

١ **خلية جلفانية يُعبر عنها بالرمز الاصطلاحى المقابل :** $3Zn_{(s)} / 3Zn^{2+}_{(aq)} \; // \; 2Cr^{3+}_{(aq)} / 2Cr_{(s)}$

أى مما يأتى يعتبر صحيحًا بالنسبة لهذه الخلية ؟

Ⓐ الإلكترونات تنتقل من الخارصين إلى الكروم. Ⓑ الإلكترونات تنتقل من الكاثود إلى الأنود.

Ⓒ الكروم يحدث له عملية أكسدة. Ⓓ الخارصين يحدث له عملية اختزال.

فكرة الحل :

* يتضح من الرمز الاصطلاحى للخلية أن :
  - الأنود هو الخارصين الذى يحدث له عملية الأكسدة.
  - الكاثود هو الكروم الذى تحدث عنده عملية الاختزال.

أى أن الإلكترونات تنتقل فى السلك الخارجى من Zn إلى Cr

الحل : الاختيار الصحيح : Ⓐ

---

٢ **خلية جلفانية يُعبر عنها بالرمز الاصطلاحى المقابل :** $2Al_{(s)} / 2Al^{3+}_{(aq)} \; // \; 3Cl_{2(g)} / 6Cl^{-}_{(aq)} \; , Pt$

ما المعادلة الأيونية المعبرة عن تفاعل الأكسدة والاختزال الحادث فى هذه الخلية ؟

Ⓐ $Al_{(s)} + 2Cl^{-}_{(aq)} \longrightarrow Cl_{2(g)} + Al^{3+}_{(aq)}$

Ⓑ $2Al^{3+}_{(aq)} + 6Cl^{-}_{(aq)} \longrightarrow 2Al_{(s)} + 3Cl_{2(g)}$

Ⓒ $Al_{(s)} + 3Cl_{2(g)} \longrightarrow Al^{3+}_{(aq)} + 6Cl^{-}_{(aq)}$

Ⓓ $2Al_{(s)} + 3Cl_{2(g)} \longrightarrow 2Al^{3+}_{(aq)} + 6Cl^{-}_{(aq)}$

فكرة الحل :

فى تفاعلات الأكسدة والاختزال لابد وأن تكون عدد مولات الإلكترونات المفقودة فى عملية الأكسدة مساوية لعدد مولات الإلكترونات المكتسبة فى عملية الاختزال.

∵ المعادلة الموضحة بالاختيار Ⓐ يحدث فيها عمليتى أكسدة وليس عمليتى أكسدة واختزال.

∴ يستبعد الاختيار Ⓐ

∵ الرمز الاصطلاحى للخلية الجلفانية يوضح أن عملية الأكسدة تحدث لذرات الألومنيوم Al ،
فى حين أن المعادلة الموضحة بالاختيار Ⓑ توضح أن الأكسدة تحدث لأيونات Cl^{-}

∴ يستبعد الاختيار Ⓑ

∵ عدد مولات الإلكترونات المفقودة فى عملية أكسدة Al إلى Al^{3+} ($3 \text{ mol } e^{-}$)
لا تساوى عدد مولات الإلكترونات المكتسبة فى عملية اختزال $3Cl_2$ إلى $6Cl^{-}$ ($6 \text{ mol } e^{-}$).

∴ يستبعد الاختيار Ⓒ

الحل : الاختيار الصحيح : Ⓓ

٣ أى مما يلى يُعبر عن الرمز الاصطلاحى لخلية جلفانية ؟

Ⓐ $2Ag^{+}_{(aq)} / 2Ag_{(s)} // Cu^{2+}_{(aq)} / Cu_{(s)}$

Ⓑ $2Ag_{(s)} / 2Ag^{+}_{(aq)} // Cu^{+}_{(aq)} / Cu^{2+}_{(aq)}$

Ⓒ $Cu^{2+}_{(aq)} / Cu_{(s)} // 2Ag^{+}_{(aq)} / 2Ag_{(s)}$

Ⓓ $Cu_{(s)} / Cu^{2+}_{(aq)} // 2Ag^{+}_{(aq)} / 2Ag_{(s)}$

فكرة الحل :

∵ الطرف الأيسر من الرمز الاصطلاحى يمثل نصف خلية الأنود الذى يحدث فيه عملية الأكسدة.

∴ يستبعد الاختيارين Ⓐ ، Ⓒ

∵ الطرف الأيمن من الرمز الاصطلاحى يمثل نصف خلية الكاثود الذى يحدث فيه عملية الاختزال.

∴ يستبعد الاختيار Ⓑ

الحل : الاختيار الصحيح : Ⓓ

دور القنطرة الملحية فى الخلايا الجلفانية

- توصيل محلولى نصفى الخلية بطريقة غير مباشرة.
- معادلة الكاتيونات والأنيونات الزائدة المتكونة فى محلولى نصفى الخلية، نتيجة تفاعل الأكسدة والاختزال الحادث وهو ما يمنع تراكمها.

ملحوظات هامة

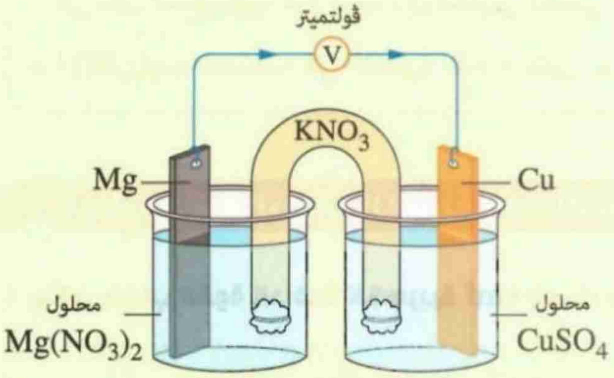
* **يتوقف مرور التيار الكهربى فى خلية دانيال فى الحالتين الآتيتين :**
  - استهلاك قطب الخارصين بالكامل فى نصف خلية الخارصين، وذوبانه فى المحلول الإلكتروليتى وما يقابله من استهلاك كاتيونات النحاس (II) $Cu^{2+}_{(aq)}$ بالكامل من محلول نصف خلية النحاس، وترسبها على هيئة ذرات نحاس على قطب النحاس.
  - نزع القنطرة الملحية.

* **عند غياب القنطرة الملحية فى الخلية الجلفانية، يتوقف** مرور التيار الكهربى فى السلك الخارجى الموصل بين قطبى نصفى الخلية، لتوقف تفاعل الأكسدة والاختزال نتيجة تراكم الأيونات الزائدة فى محلولى نصفى الخلية.

* **عند استبدال محلول كبريتات الصوديوم فى القنطرة الملحية الموجودة بخلية دانيال بمحلول كلوريد الباريوم** **يتوقف** مرور التيار الكهربى ، لاتحاد أيونات الباريوم Ba^{2+} مع أيونات الكبريتات SO_4^{2-} فى محلول نصف خلية النحاس وترسب كبريتات الباريوم $BaSO_4$ وهو ما يؤدى إلى توقف تعادل الأيونات الزائدة.

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: تفسير التفاعلات التى تحدث فى الخلية الجلفانية ودور القنطرة الملحية.



١ الشكل المقابل : يعبر عن خلية جلفانية.

ماذا يحدث عند تشغيل هذه الخلية ؟

Ⓐ تنتقل أيونات NO_3^- نحو نصف خلية النحاس.

Ⓑ تنتقل أيونات Cu^{2+} نحو القنطرة الملحية.

Ⓒ تنتقل أيونات Mg^{2+} نحو القنطرة الملحية.

Ⓓ تنتقل أيونات K^+ نحو نصف خلية الماغنسيوم.

فكرة الحل :

∵ الإلكترونات تسرى فى الدائرة الخارجية (السلك) من قطب Mg إلى قطب Cu

∴ نصف خلية Mg تمثل نصف خلية الأنود، نصف خلية Cu تمثل نصف خلية الكاثود.

∵ أكسدة قطب Mg تؤدى إلى زيادة $[Mg^{2+}]$ فى نصف خلية الماغنسيوم.

$$Mg_{(s)} \longrightarrow Mg^{2+}_{(aq)} + 2e^-$$

∴ يلزم لمنع تراكم أيونات Mg^{2+} فى نصف خلية Mg ، أن تنتقل إليها أيونات NO_3^- من القنطرة الملحية.

وعليه يستبعد الاختيارين Ⓐ ، Ⓓ

∵ أيونات Cu^{2+} الموجودة فى نصف خلية الكاثود تنتقل إلى قطب النحاس حيث يتم اختزالها إلى ذرات نحاس.

$$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Cu_{(s)}$$

∴ يستبعد الاختيار Ⓑ

الحل : الاختيار الصحيح : Ⓒ

ملحوظة

معادلة أيونات Mg^{2+} الزائدة تتم بحركة أيونات NO_3^- من القنطرة الملحية إلى نصف خلية الماغنسيوم أو بحركة أيونات Mg^{2+} من نصف خلية الماغنسيوم إلى القنطرة الملحية.

---

٢ ماذا يحدث لقراءة الفولتميتر المتصل بخلية جلفانية عند رفع القنطرة الملحية منها بعد فترة من تشغيلها ؟

Ⓐ تقل حتى تصل إلى zero

Ⓑ تزداد تدريجيًا.

Ⓒ تزداد بشكل مفاجئ.

Ⓓ لا يحدث تغيير.

فكرة الحل :

عند رفع القنطرة الملحية من الخلية الجلفانية، يتوقف مرور التيار الكهربى فى السلك الخارجى الموصل بين قطبى نصفى الخلية، لتوقف تفاعل الأكسدة والاختزال نتيجة لتراكم الأيونات الزائدة فى محلولى نصفى الخلية.

الحل : الاختيار الصحيح : Ⓐ

معلومات متضمنة

* تعمل القنطرة الملحية على استمرار وجود فرق جهد بين قطبى نصفى الخلية، فى حين تمنع وجود فرق جهد بين محلولى نصفى الخلية.
* الإلكتروليت المستخدم فى القنطرة الملحية تكون سرعة أنيوناته متقاربة مع سرعة كاتيوناته.

حساب القوة الدافعة الكهربية emf للخلايا الجلفانية

يمكن حساب القوة الدافعة الكهربية emf لأى خلية جلفانية، من أى علاقة من العلاقات التالية :

القوة الدافعة الكهربية (emf) =
- جهد أكسدة الأنود + جهد اختزال الكاثود
- جهد اختزال الكاثود − جهد اختزال الأنود
- جهد أكسدة الأنود − جهد أكسدة الكاثود

$$E_{cell}\ (emf) = \begin{cases} E^\circ_{oxid}\ (Anode) + E^\circ_{red}\ (Cathode) \\ E^\circ_{red}\ (Cathode) - E^\circ_{red}\ (Anode) \\ E^\circ_{oxid}\ (Anode) - E^\circ_{oxid}\ (Cathode) \end{cases}$$

(للقطب الواحد) $E^\circ_{oxid} = -E^\circ_{red}$

تطبيق

- $Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Zn^0_{(s)}$ $\quad E^\circ_{red} = -0.76\ V$
- $Zn^0_{(s)} \longrightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^-$ $\quad E^\circ_{oxid} = +0.76\ V$

- $Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Cu^0_{(s)}$ $\quad E^\circ_{red} = +0.34\ V$
- $Cu^0_{(s)} \longrightarrow Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^-$ $\quad E^\circ_{oxid} = -0.34\ V$

إرشادات لحل مسائل القوة الدافعة الكهربية :

1. نصف الخلية التى يكون جهد تأكسدها هو الأكبر، تمثل نصف خلية الأنود (القطب السالب الذى تحدث له أو عنده عملية الأكسدة).
2. نصف الخلية التى يكون جهد اختزالها هو الأكبر، تمثل نصف خلية الكاثود (القطب الموجب الذى تحدث عنده عملية الاختزال).

مثال ١

احسب القوة الدافعة الكهربية لخلية دانيال، بمعلومية الجهود الكهربية القياسية الموضحة بالجدول المقابل :

	جهد الأكسدة القياسى	جهد الاختزال القياسى
نصف خلية الخارصين	+ 0.76 V	– 0.76 V
نصف خلية النحاس	– 0.34 V	+ 0.34 V

فكرة الحل

∵ جهد أكسدة نصف خلية الخارصين هو الأكبر. ∴ نصف خلية الخارصين تمثل **نصف خلية الأنود.**

∵ جهد اختزال نصف خلية النحاس هو الأكبر. ∴ نصف خلية النحاس تمثل **نصف خلية الكاثود.**

الحل

$$E_{cell}\text{ (emf)} = E^\circ_{oxid}\text{ (Anode)} + E^\circ_{red}\text{ (Cathode)}$$

$$= E^\circ_{oxid}(Zn^0) + E^\circ_{red}(Cu^{2+}) = 0.76 + 0.34 = 1.1\text{ V}$$

حل آخر

$$E_{cell}\text{ (emf)} = E^\circ_{red}\text{ (Cathode)} - E^\circ_{red}\text{ (Anode)}$$

$$= E^\circ_{red}(Cu^{2+}) - E^\circ_{red}(Zn^{2+}) = 0.34 - (-0.76) = 1.1\text{ V}$$

حل آخر

$$E_{cell}\text{ (emf)} = E^\circ_{oxid}\text{ (Anode)} - E^\circ_{oxid}\text{ (Cathode)}$$

$$= E^\circ_{oxid}(Zn^0) - E^\circ_{oxid}(Cu^0) = 0.76 - (-0.34) = 1.1\text{ V}$$

من المثال السابق يتضح أن :

- قيمة emf للخلية الجلفانية تكون دائمًا بإشارة موجبة، **لأن تفاعل الأكسدة والاختزال الحادث فيها يكون تلقائيًا.**

مثال ٢

خلية جلفانية مكونة من نصف خلية $Sn^0_{(s)} / Sn^{2+}_{(aq)}$ ونصف خلية $Ag^0_{(s)} / Ag^+_{(aq)}$

فإذا علمت أن جهد الاختزال القياسى لأيونات القصدير 0.14 V– ولأيونات الفضة 0.8 V + :

(١) اكتب الرمز الاصطلاحى لها. (٢) احسب emf للخلية.

الحل

(١) ∵ جهد اختزال نصف خلية الفضة > جهد اختزال نصف خلية القصدير.

∴ • نصف خلية الفضة تمثل نصف خلية الكاثود : $2Ag^+_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow 2Ag^0_{(s)}$

• نصف خلية القصدير تمثل نصف خلية الأنود : $Sn^0_{(s)} \longrightarrow Sn^{2+}_{(aq)} + 2e^-$

∴ الرمز الاصطلاحى للخلية : $Sn^0_{(s)} / Sn^{2+}_{(aq)} // 2Ag^+_{(aq)} / 2Ag^0_{(s)}$

(٢) $emf = E^\circ_{red}(Ag^+) - E^\circ_{red}(Sn^{2+}) = 0.8 - (-0.14) = 0.94\text{ V}$

مثال ٣

(A) ، (B) عنصران – كلاهما ثنائى التكافؤ – جهد تاكسدهما 0.7 V ، – 0.3 V على الترتيب :

(١) اكتب الرمز الاصطلاحى للخلية المكونة منهما.

(٢) احسب emf لهذه الخلية، وهل يصدر عنها تيار كهربى ؟ مع التفسير.

الحل

(١) ∵ جهد أكسدة العنصر (B) > جهد أكسدة العنصر (A).

∴ نصف خلية العنصر (B) تمثل نصف خلية الأنود : $B^0_{(s)} \longrightarrow B^{2+}_{(aq)} + 2e^-$

نصف خلية العنصر (A) تمثل نصف خلية الكاثود : $A^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow A^0_{(s)}$

∴ الرمز الاصطلاحى للخلية : $B^0_{(s)} / B^{2+}_{(aq)} // A^{2+}_{(aq)} / A^0_{(s)}$

(٢)

$$emf = E^\circ_{oxid} (B^0) - E^\circ_{oxid} (A^0)$$

$$= 0.7 - (-0.3) = 1 \text{ V}$$

نعم يصدر عن الخلية تيار كهربى / لأن قيمة emf بإشارة موجبة، وهو ما يعنى أنها خلية جلفانية (تفاعل الأكسدة والاختزال الحادث فيها تلقائى).

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: حساب القوة الدافعة الكهربية للخلية الجلفانية.

١ خلية كهربية يُعبر عنها بالرمز الاصطلاحى المقابل : $3Ni_{(s)} / 3Ni^{2+}_{(aq)} // 2Au^{3+}_{(aq)} / 2Au_{(s)}$

• $Ni_{(s)} \longrightarrow Ni^{2+}_{(aq)} + 2e^-$ $E^\circ = +0.25 \text{ V}$

• $Au_{(s)} \longrightarrow Au^{3+}_{(aq)} + 3e^-$ $E^\circ = -1.5 \text{ V}$

ما قيمة emf لهذه الخلية ؟

Ⓐ 1.25 V Ⓑ –1.175 V Ⓒ 1.75 V Ⓓ –1.25 V

(أ) 1.25 V (ب) –1.175 V (ج) 1.75 V (د) –1.25 V

فكرة الحل :

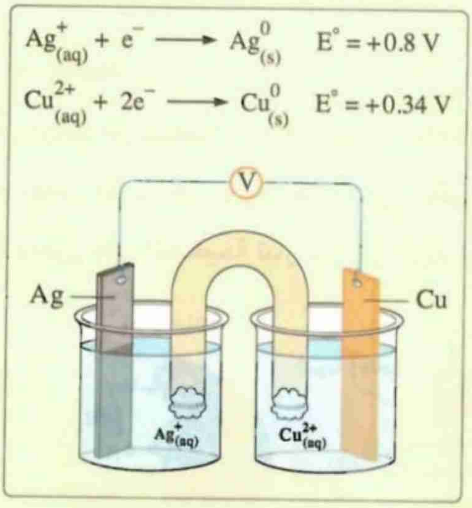
∵ جهد أكسدة Ni > جهد أكسدة Au

$$\therefore emf = E^\circ_{oxid} (Ni^0) - E^\circ_{oxid} (Au^0)$$

$$= 0.25 - (-1.5) = 1.75 \text{ V}$$

الحل : الاختيار الصحيح : (ج)

❷ من الشكل المقابل :
القوة الدافعة الكهربية
للخلية E_{cell} تساوى ....



Ⓐ $(0.8) - (0.34)\ V$

Ⓑ $(0.34) + (2 \times 0.8)\ V$

Ⓒ $(0.34) - (0.8)\ V$

Ⓓ $(0.34) - (2 \times 0.8)\ V$

فكرة الحل :

$\because$ جهد اختزال Ag^{+} > جهد اختزال Cu^{2+}

$\therefore emf = E^{\circ}_{red}\ (Ag^{+}) - E^{\circ}_{red}\ (Cu^{2+})$

الحل : الاختيار الصحيح : Ⓐ

قياس جهود الأقطاب

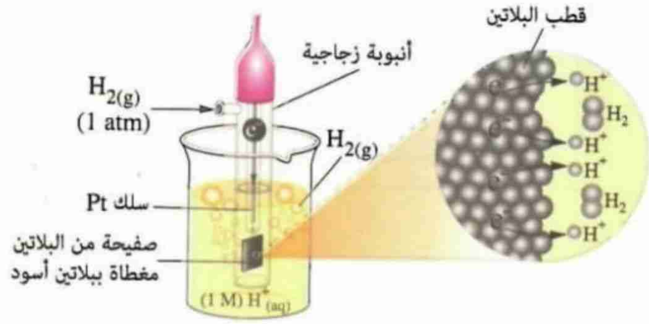
- لا توجد طريقة مؤكدة ومباشرة لقياس الفرق المطلق فى الجهد الكهربى بين قطب فلز ومحلول أيوناته فى الخلية الجلفانية، فى حين أن الفرق بين جهدى قطبى الخلية الجلفانية يمكن قياسه بسهولة، عن طريق تكوين خلية جلفانية من نصفى خلية، إحداهما للقطب المراد قياس جهده والأخرى لقطب قياسى ذو جهد ثابت ومعلوم تحت ظروف معينة،
ثم قياس القوة الدافعة الكهربية، بدلالة قراءة الڤولتميتر الموصل بين قطبى نصفى الخلية، ومنها يتم حساب جهد القطب غير المعلوم.

- وقد اتفق العلماء على استخدام **قطب الهيدروچين القياسى** كقطب قياسى يمكن أن تقاس بواسطته الجهود المجهولة لأقطاب العناصر الأخرى، **لأن** جهد اختزاله القياسى (وكذلك جهد أكسدته القياسى) فى الظروف القياسية يساوى **zero**
وبالتالى تكون قراءة الڤولتميتر الموصل بين قطبى نصفى الخلية هى قيمة جهد القطب المجهول.

قطب الهيدروچين القياسى SHE

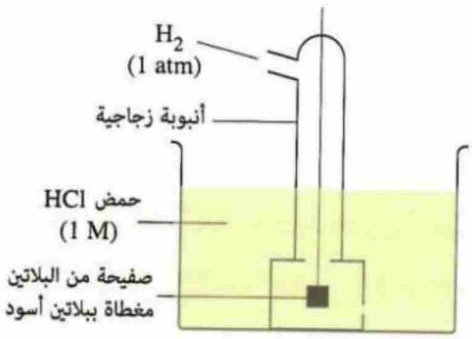
تركيبه

- يتركب من صفيحة من البلاتين مساحة سطحها $(1\ cm^2)$ مغطاة بطبقة إسفنجية من البلاتين الأسود المجزأ.
- ويغمر قطب الهيدروچين جزئيًا فى محلول يكون تركيز أيونات الهيدروچين فيه (1 M) عند درجة حرارة $25^\circ C$
- ويمرر على الصفيحة تيار من غاز الهيدروچين تحت ضغط ثابت مقداره 1 atm



$$2H^+_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow H^0_{2(g)}$$

قطب الهيدروچين القياسى عندما يعمل ككاثود



شكل تخطيطى لقطب الهيدروچين القياسى

الرمز الاصطلاحى لنصف خلية الهيدروچين القياسية

- عندما يستخدم قطب الهيدروچين القياسى كأنود : $Pt + H_{2(g)}\ (1\ atm)\ /\ 2H^+_{(aq)}\ (1\ M)$
- عندما يستخدم قطب الهيدروچين القياسى ككاثود : $2H^+_{(aq)}\ (1\ M)\ /\ Pt + H_{2(g)}\ (1\ atm)$

أهميته

- يستخدم فى تعيين الجهود المجهولة لأقطاب العناصر الأخرى بمعلومية جهده.

جهد قطب الهيدروچين القياسى

- جهد أيًا من الأكسدة أو الاختزال فى الظروف القياسية يساوى zero

ملحوظة

يتغير جهد قطب الهيدروچين عن zero عند تغير :

- درجة الحرارة عن $25^\circ C$
- تركيز أيونات الهيدروچين $[H^+]$ فى المحلول عن 1 M
- الضغط الجزئى لغاز الهيدروچين (P_{H_2}) عن 1 atm

أو كلاهما معًا.

قياس جهد قطب الخارصين باستخدام قطب الهيدروچين القياسي

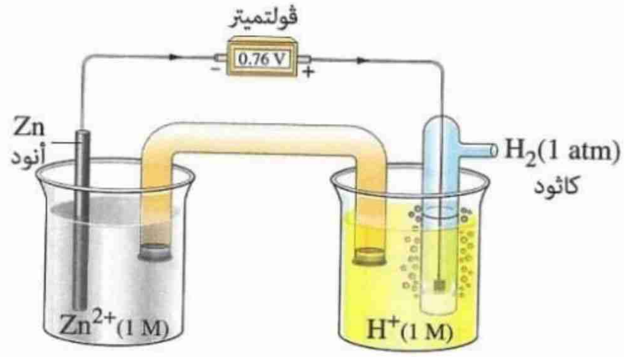
عند تكوين خلية جلفانية من :

- نصف خلية الخارصين القياسية.
- نصف خلية الهيدروچين القياسية.

كانت قراءة الڤولتميتر (0.76 V) واتجاه مؤشره يشير إلى أن تيار الإلكترونات يسرى من قطب الخارصين إلى قطب الهيدروچين،

وهو ما يعنى أن :

- قطب الخارصين يعمل كأنود.
- قطب الهيدروچين القياسى يعمل ككاثود.



قياس جهد قطب الخارصين $Zn_{(s)}$ باستخدام قطب الهيدروچين القياسى

$$emf = E^\circ_{oxid}\ (Anode) + E^\circ_{red}\ (Cathode)$$

$$emf = E^\circ_{oxid}\ (Zn^0) + E^\circ_{red}\ (H^+)$$

$$\because\ E^\circ_{red}\ (H^+) = zero$$

$$\therefore\ E^\circ_{oxid}\ (Zn^0) = emf = +\ 0.76\ V$$

$$Zn^0_{(s)} \longrightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^- \qquad E^\circ_{oxid} = +\ 0.76\ V$$

$$\because\ E^\circ_{red}\ (Zn^{2+}) = -\ E^\circ_{oxid}\ (Zn^0)$$

$$\therefore\ E^\circ_{red}\ (Zn^{2+}) = -\ 0.76\ V$$

$$Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Zn^0_{(s)} \qquad E^\circ_{red} = -\ 0.76\ V$$

قياس جهد قطب النحاس باستخدام قطب الهيدروچين القياسى

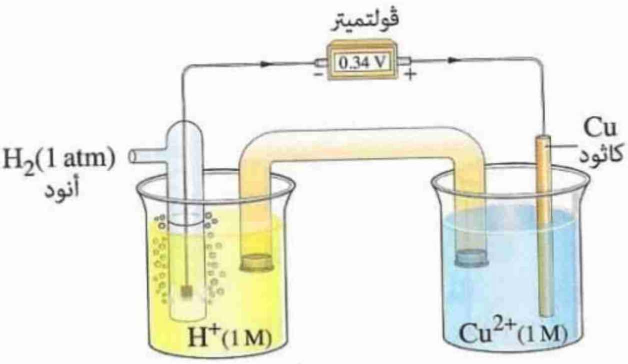
عند تكوين خلية جلفانية من :

- نصف خلية النحاس القياسية.
- نصف خلية الهيدروچين القياسية.

كانت قراءة الڤولتميتر (0.34 V)، واتجاه مؤشره يشير إلى أن تيار الإلكترونات يسرى من قطب الهيدروچين إلى قطب النحاس،

وهو ما يعنى أن :

- قطب الهيدروچين القياسى يعمل كأنود.
- قطب النحاس يعمل ككاثود.



قياس جهد قطب النحاس Cu
باستخدام قطب الهيدروچين القياسى

$$emf = E^\circ_{oxid}\ (Anode) + E^\circ_{red}\ (Cathode)$$

$$emf = E^\circ_{oxid}\ (H_2^0) + E^\circ_{red}\ (Cu^{2+})$$

$$\because E^\circ_{oxid}\ (H_2^0) = zero$$

$$\therefore E^\circ_{red}\ (Cu^{2+}) = emf = +\ 0.34\ V$$

$$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Cu^0_{(s)} \qquad E^\circ_{red} = +\ 0.34\ V$$

$$\because E^\circ_{oxid}\ (Cu^0) = -\ E^\circ_{red}\ (Cu^{2+})$$

$$\therefore E^\circ_{oxid}\ (Cu^0) = -\ 0.34\ V$$

$$Cu^0_{(s)} \longrightarrow Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \qquad E^\circ_{oxid} = -\ 0.34\ V$$

مثال

إذا كان الرمز الاصطلاحى لخلية جلفانية يمثل كالتالى :

$$2Li_{(s)} / 2Li^{+}_{(aq)} // 2H^{+}_{(aq)} (1\ M) / Pt + H_{2(g)} (1\ atm)$$

حدد :

(١) الكاثود فى هذه الخلية. (٢) العامل المؤكسد فى التفاعل.

(٣) جهد تأكسد الليثيوم، علمًا بأن جهد الخلية 3.04 V

الحــل

(١) قطب الهيدروچين القياسى.

(٢) أيونات الهيدروچين الموجبة.

(٣)

$$emf = E^{\circ}_{oxid} (Li^{0}) + E^{\circ}_{red} (H^{+})$$

$$+3.04 = E^{\circ}_{oxid} (Li^{0}) + zero$$

$$\therefore E^{\circ}_{oxid} (Li^{0}) = +3.04\ V$$

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: استخدام قطب الهيدروچين القياسى فى قياس جهود الأقطاب الأخرى.

يُعبر عن أحد الخلايا الجلفانية بالمعادلة :

$$2M^{+}_{(aq)} + H_{2(g)} \longrightarrow 2M_{(s)} + 2H^{+}_{(aq)} \qquad emf = +0.8\ V$$

ما جهد الأكسدة القياسى للقطب M ؟

ⓐ + 0.2 V   ⓑ + 0.4 V   ⓒ − 0.8 V   ⓓ + 0.8 V

فكرة الحـل :

∵ فى هذه الخلية تحدث عملية أكسدة للهيدروچين وعملية اختزال لأيونات M^{+}

∴ نصف خلية الهيدروچين القياسية تمثل نصف خلية الأنود،

ونصف خلية M تمثل نصف خلية الكاثود.

$$emf = E^{\circ}_{oxid}(Anode) - E^{\circ}_{oxid}(Cathode)$$

$$= E^{\circ}_{oxid}(H_2^{0}) - E^{\circ}_{oxid}(M^{0})$$

$$\because E^{\circ}_{oxid}(H_2^{0}) = zero$$

$$\therefore emf = -E^{\circ}_{oxid}(M^{0})$$

$$\therefore E^{\circ}_{oxid}(M^{0}) = -0.8\ V$$

الحـل : الاختيار الصحيح : ⓒ

سلسلة الجهود الكهربية لأنصاف الخلايا

بعدما أمكن تقدير الجهود القياسية $E°$ للعديد من أنصاف الخلايا المقاسة بالنسبة لجهد الهيدروجين القياسى رُتبت هذه الجهود فى سلسلة عرفت باسم سلسلة الجهود الكهربية، كما يتضح من الجدول التالى :

	تفاعل نصف الخلية (العامل المؤكسد ⇌ العامل المختزل)	جهد الاختزال القياسى (V) $E°_{red}$	جهد الأكسدة القياسى (V) $E°_{oxid}$
Li	$Li^+ + e^- \rightleftharpoons Li^0$	– 3.045	+ 3.045
K	$K^+ + e^- \rightleftharpoons K^0$	– 2.924	+ 2.924
Ca	$Ca^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Ca^0$	– 2.87	+ 2.87
Na	$Na^+ + e^- \rightleftharpoons Na^0$	– 2.711	+ 2.711
Mg	$Mg^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Mg^0$	– 2.375	+ 2.375
Al	$Al^{3+} + 3e^- \rightleftharpoons Al^0$	– 1.67	+ 1.67
Mn	$Mn^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Mn^0$	– 1.029	+ 1.029
Zn	$Zn^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Zn^0$	– 0.762	+ 0.762
Cr	$Cr^{3+} + 3e^- \rightleftharpoons Cr^0$	– 0.74	+ 0.74
Fe	$Fe^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Fe^0$	– 0.409	+ 0.409
Cd	$Cd^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Cd^0$	– 0.402	+ 0.402
Co	$Co^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Co^0$	– 0.280	+ 0.280
Ni	$Ni^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Ni^0$	– 0.23	+ 0.23
Sn	$Sn^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Sn^0$	– 0.14	+ 0.14
Pb	$Pb^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Pb^0$	– 0.126	+ 0.126
H_2	$2H^+ + 2e^- \rightleftharpoons H_2$	0.000	0.000
Cu	$Cu^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Cu^0$	+ 0.34	– 0.34
$4OH^-$	$O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightleftharpoons 4OH^-$	+ 0.401	– 0.401
I_2	$I_2^0 + 2e^- \rightleftharpoons 2I^-$	+ 0.535	– 0.535
Ag	$Ag^+ + e^- \rightleftharpoons Ag^0$	+ 0.8	– 0.8
Hg	$Hg^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Hg^0$	+ 0.85	– 0.85
Br_2	$Br_2^0 + 2e^- \rightleftharpoons 2Br^-$	+ 1.08	– 1.08
Pt	$Pt^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Pt^0$	+ 1.2	– 1.2
Cl_2	$Cl_2^0 + 2e^- \rightleftharpoons 2Cl^-$	+ 1.360	– 1.360
Au	$Au^{3+} + 3e^- \rightleftharpoons Au^0$	+ 1.42	– 1.42
F_2	$F_2^0 + 2e^- \rightleftharpoons 2F^-$	+ 2.87	– 2.87

ترتب العناصر تنازليًا بالنسبة لجهود الاختزال السالبة «بحيث تكون أكبر القيم السالبة فى أعلى السلسلة»

ترتب العناصر تصاعديًا بالنسبة لجهود الاختزال الموجبة «بحيث تكون أكبر القيم الموجبة فى أسفل السلسلة»

سلسلة الجهود الكهربية
«للإيضاح فقط»

سلسلة الجهود الكهربية :

- ترتيب العناصر تنازليًا بالنسبة لجهود الاختزال السالبة وتصاعديًا بالنسبة لجهود الاختزال الموجبة، بحيث تكون أكبر القيم السالبة فى أعلى السلسلة و أكبر القيم الموجبة فى أسفلها.

أو

- ترتيب العناصر تنازليًا بالنسبة لجهود الأكسدة الموجبة و تصاعديًا بالنسبة لجهود الأكسدة السالبة، بحيث تكون أكبر القيم الموجبة فى أعلى السلسلة و أكبر القيم السالبة فى أسفلها.

من دراسة سلسلة الجهود الكهربية للعناصر يمكن توضيح الحقائق التالية :

تتميز بما يلى

١ عناصر مقدمة السلسلة

(١) قيم جهود اختزالها سالبة.

(٢) قيم جهود أكسدتها موجبة.

(٣) يسهل **تأكسدها**، لأنها **تفقد** إلكترونات تكافؤها بسهولة عندما تدخل فى تفاعل مع أيونات أى عنصر يحتل مكانة **أدنى** فى السلسلة.

(٤) تعتبر عوامل **مختزلة** قوية.

(٥) قوة **العامل المختزل** تزداد بزيادة جهد **أكسدته**.

تطبيق ١

$$Li^0_{(s)} \longrightarrow Li^+_{(aq)} + e^-$$
$$E^\circ_{oxid} = +3.045\ V$$

$$Na^0_{(s)} \longrightarrow Na^+_{(aq)} + e^-$$
$$E^\circ_{oxid} = +2.711\ V$$

* الليثيوم عامل مختزل **أقوى** من الصوديوم لأن جهد أكسدته أكبر.

٢ عناصر مؤخرة السلسلة

(١) قيم جهود اختزالها موجبة.

(٢) قيم جهود أكسدتها سالبة.

(٣) يسهل **اختزالها**، لأنها ذات قدرة أكبر على **اكتساب** الإلكترونات عندما تدخل فى تفاعل مع أى عنصر يحتل مكانة **أعلى** فى السلسلة.

(٤) تعتبر عوامل **مؤكسدة** قوية.

(٥) قوة **العامل المؤكسد** تزداد بزيادة جهد **اختزاله**.

تطبيق ٢

$$F^0_{2(g)} + 2e^- \longrightarrow 2F^-_{(aq)}$$
$$E^\circ_{red} = +2.87\ V$$

$$Cl^0_{2(g)} + 2e^- \longrightarrow 2Cl^-_{(aq)}$$
$$E^\circ_{red} = +1.36\ V$$

* الفلور عامل مؤكسد **أقوى** من الكلور لأن جهد اختزاله أكبر.

معلومة متضمنة :

عند اختزال العامل المؤكسد القوى

$$X^0 + e^- \rightleftharpoons X^-$$
$$M^+ + e^- \rightleftharpoons M^0$$

يتكون عامل مختزل ضعيف

تطبيق ٣ العلاقة بين قوة العامل المؤكسد وجهد اختزاله وقوة العامل المختزل وجهد أكسدته.

$$Li^+_{(aq)} + e^- \rightleftharpoons Li^0_{(s)}$$

$$2H^+_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons H^0_{2(g)}$$

$$F^0_{2(g)} + 2e^- \rightleftharpoons 2F^-_{(aq)}$$

ازدياد قوة العامل المؤكسد بزيادة جهد الاختزال

ازدياد قوة العامل المختزل بزيادة جهد الأكسدة

يسهل أكسدة عنصر الليثيوم $Li_{(s)}$

لأن جهد أكسدته (+ 3.045 V) هو الأكبر مقارنةً بجهود أكسدة باقى عناصر السلسلة وبالتالى فهو يعتبر أقوى العوامل المختزلة

يسهل اختزال غاز الفلور $F_{2(g)}$

لأن جهد اختزاله (+ 2.87 V) هو الأكبر مقارنةً بجهود اختزال باقى عناصر السلسلة وبالتالى فهو يعتبر أقوى العوامل المؤكسدة

٣ عناصر **مقدمة السلسلة** تحل محل العناصر **التى تليها** – فى سلسلة الجهود الكهربية – فى محاليل أملاحها.

تطبيق

$Zn^0_{(s)} \longrightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^-$ $\qquad E^\circ_{oxid} = + 0.76\ V$

$Fe^0_{(s)} \longrightarrow Fe^{2+}_{(aq)} + 2e^-$ $\qquad E^\circ_{oxid} = + 0.44\ V$

$Cu^0_{(s)} \longrightarrow Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^-$ $\qquad E^\circ_{oxid} = - 0.34\ V$

يحل Zn أو Fe **محل** Cu فى محاليل أملاحه **ولا يحدث العكس.**

$$Zn_{(s)} + CuSO_{4(aq)} \longrightarrow ZnSO_{4(aq)} + Cu_{(s)}$$

$$Fe_{(s)} + CuSO_{4(aq)} \longrightarrow FeSO_{4(aq)} + Cu_{(s)}$$

$Cu_{(s)} + FeSO_{4(aq)} \longrightarrow$ لا يحدث تفاعل تلقائى

٤ **كلما زاد البُعد** فى **الترتيب بين** العنصرين اللذين سيتم بينهما الإحلال، **كلما زادت قدرة** العنصر **المتقدم** على **طرد** العنصر **المتأخر** من محاليل أملاحه.

تطبيق

«بدلالة جهود الأكسدة الموضحة فى التطبيق السابق»

قدرة Zn على الإحلال محل Cu فى محاليل أملاحه **تفوق قدرة** Fe

٥ العناصر التى **تسبق الهيدروچين** فى السلسلة (جهود أكسدتها بإشارة موجبة وجهود اختزالها بإشارة سالبة) **يمكنها الإحلال محل** أيونات H^+ فى محاليل الأحماض أو الماء، **ليتصاعد** غاز الهيدروچين.

تطبيق

$$Fe^0_{(s)} \longrightarrow Fe^{2+}_{(aq)} + 2e^- \qquad E^\circ_{oxid} = +0.44\ V$$

$$Cu^0_{(s)} \longrightarrow Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \qquad E^\circ_{oxid} = -0.34\ V$$

$$2H^+_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow H^0_{2(g)} \qquad E^\circ_{red} = zero$$

يحل Fe **محل** أيونات H^+ فى حمض الهيدروكلوريك، فى حين **لا يحل** Cu **محله**.

$$Fe^0_{(s)} + 2\overset{+1}{H}Cl_{(aq)} \longrightarrow \overset{2+}{Fe}Cl_{2(aq)} + H^0_{2(g)}$$

(Oxidation: $Fe^0 \rightarrow Fe^{2+}$ — Reduction: $H^{+1} \rightarrow H^0$)

ملحوظة

لا يحل النحاس محل هيدروچين أى من الماء أو الأحماض المخففة، بينما يحل الصوديوم محل هيدروچين كل من الماء أو الأحماض.

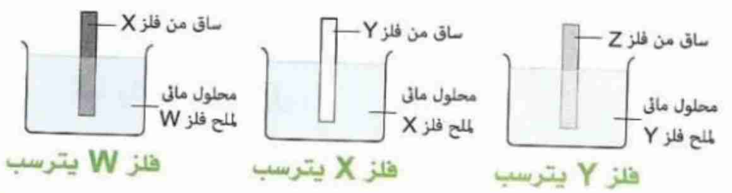
لأن جهد أكسدة النحاس **أقل من** جهد أكسدة الهيدروچين، بينما جهد أكسدة الصوديوم **أكبر من** جهد أكسدة الهيدروچين

أهمية سلسلة الجهود الكهربية

1. تحديد مدى إمكانية حدوث تفاعلات الأكسدة والاختزال بين العناصر والأيونات المختلفة (تلقائية أو غير تلقائية).
2. تحديد مدى إمكانية إحلال الفلزات محل بعضها فى محاليل أملاحها أو محل هيدروچين أيًا من الحمض أو الماء.
3. تحديد قيمة emf عند تكوين خلية جلفانية.

مثال ١

غُمس ثلاثة فلزات مختلفة (X) ، (Y) ، (Z) فى ثلاثة محاليل مختلفة، كما بالأشكال المقابلة، رتب الفلزات (W ، X ، Y ، Z) تصاعديًا حسب نشاطها الكيميائى، مع التفسير.



فكرة الحل

∵ الفلز Z يحل محل الفلز Y فى محلول ملحه. ∴ الفلز Z أنشط من الفلز Y

∵ الفلز Y يحل محل الفلز X فى محلول ملحه. ∴ الفلز Y أنشط من الفلز X

∵ الفلز X يحل محل الفلز W فى محلول ملحه. ∴ الفلز X أنشط من الفلز W

الحل

ترتب الفلزات تصاعديًا حسب نشاطها الكيميائى، كالتالى : Z > Y > X > W

مثال ٢

رتب أنصاف الخلايا الآتية تنازليًا حسب قوتها كعوامل مختزلة :

- $Zn^{2+}_{(aq)} / Zn^{0}_{(s)}$ $E° = -0.76\ V$
- $Mg^{2+}_{(aq)} / Mg^{0}_{(s)}$ $E° = -2.37\ V$
- $2Cl^{-}_{(aq)} / Cl^{0}_{2(g)}$ $E° = +1.36\ V$
- $K^{+}_{(aq)} / K^{0}_{(s)}$ $E° = -2.925\ V$
- $Pt^{2+}_{(aq)} / Pt^{0}_{(s)}$ $E° = +1.2\ V$

ثم اكتب الرمز الاصطلاحى للخلية الجلفانية التى تعطى أكبر قوة دافعة كهربية من أنصاف الخلايا السابقة موضحًا اتجاه سريان التيار الكهربى فيها.

الحل

من الجدول التالى والذى يوضح جهود الاختزال والأكسدة لأنصاف الخلايا المعطاة :

نصف الخلية	جهد الاختزال	جهد الأكسدة
$Zn^{2+}_{(aq)} / Zn^{0}_{(s)}$	– 0.76 V	+ 0.76 V
$Mg^{2+}_{(aq)} / Mg^{0}_{(s)}$	– 2.37 V	+ 2.37 V
$2Cl^{-}_{(aq)} / Cl^{0}_{2(g)}$	+ 1.36 V	– 1.36 V
$K^{+}_{(aq)} / K^{0}_{(s)}$	– 2.925 V	+ 2.925 V
$Pt^{2+}_{(aq)} / Pt^{0}_{(s)}$	+ 1.2 V	– 1.2 V

وبمعلومية أن قوة العامل المختزل تزداد بزيادة جهد أكسدته.

∴ يمكن ترتيب أنصاف الخلايا تنازليًا حسب جهود أكسدتها (قوتها كعوامل مختزلة) **كما بالجدول المقابل :**

نصف الخلية	ترتيبها حسب قوتها كعوامل مختزلة
$K^{+}_{(aq)} / K^{0}_{(s)}$	الأول
$Mg^{2+}_{(aq)} / Mg^{0}_{(s)}$	الثانى
$Zn^{2+}_{(aq)} / Zn^{0}_{(s)}$	الثالث
$Pt^{2+}_{(aq)} / Pt^{0}_{(s)}$	الرابع
$2Cl^{-}_{(aq)} / Cl^{0}_{2(g)}$	الخامس

∴ الخلية الجلفانية التى تعطى أكبر قوة دافعة كهربية هى خلية البوتاسيوم والكلور.

$$E_{cell} = E^{\circ}_{oxid}\ (Anode) + E^{\circ}_{red}\ (Cathode)$$
$$= 2.925 + 1.36 = 4.285\ V$$

الرمز الاصطلاحى للخلية :

$$2K^{0}_{(s)} / 2K^{+}_{(aq)} // Cl^{0}_{2(g)} / 2Cl^{-}_{(aq)}$$

يسرى التيار **من** الأنود (البوتاسيوم) **إلى** الكاثود (الكلور).

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: التعرف على سلسلة الجهود الكهربية اعتمادًا على قيمة الجهد الكهربى.

1 الجدول المقابل : يوضح مدى إمكانية تفاعل أربعة فلزات R ، S ، T ، U مع محاليلها. ما الترتيب الصحيح لهذه الفلزات فى سلسلة الجهود الكهربية مبتدءً بالفلز الأنشط ؟

الفلز +	محلول نترات الفلز	النتيجة
(R)	(S)	يحدث تفاعل
(R)	(T)	يحدث تفاعل
(S)	(U)	لا يحدث تفاعل
(T)	(U)	يحدث تفاعل
(U)	(R)	لا يحدث تفاعل

أ) R ⟵ S ⟵ U ⟵ T

ب) R ⟵ T ⟵ U ⟵ S

ج) S ⟵ U ⟵ T ⟵ R

د) U ⟵ R ⟵ T ⟵ S

فكرة الحل :

من تحليل النتائج الموضحة بالجدول يتضح أن :

- الفلز (R) أنشط من الفلز (S).
- الفلز (U) أنشط من الفلز (S).
- الفلز (R) أنشط من الفلز (U).
- الفلز (R) أنشط من الفلز (T).
- الفلز (T) أنشط من الفلز (U).

∵ أنشط هذه الفلزات هو الفلز (R).

∴ يستبعد الاختيارين ج ، د

∵ أقل هذه الفلزات نشاطًا هو الفلز (S).

∴ يستبعد الاختيار أ

الحل : الاختيار الصحيح : ب

---

2 بمعلومية جهود الاختزال الموضحة بالجدول المقابل :

أى العبارات الآتية تعتبر صحيحة ؟

Ag^{+} / Ag^{0}	$E^{\circ} = +0.8\ V$
Mg^{2+} / Mg^{0}	$E^{\circ} = -2.37\ V$
Cu^{2+} / Cu^{0}	$E^{\circ} = +0.34\ V$
Hg^{2+} / Hg^{0}	$E^{\circ} = +0.85\ V$
Zn^{2+} / Zn^{0}	$E^{\circ} = -0.76\ V$

أ) $AgNO_3$ يمكن حفظه فى أوانى من النحاس.

ب) $Mg(NO_3)_2$ يمكن حفظه فى أوانى من النحاس.

ج) $Cu(NO_3)_2$ يمكن حفظه فى أوانى من الخارصين.

د) $HgCl_2$ يمكن حفظه فى أوانى من النحاس.

فكرة الحل :

مادة صنع أوانى الحفظ لابد وأن تكون غير قابلة للتفاعل مع المحاليل المحفوظة بها.

∵ جهد اختزال Ag^+ (+0.8 V) > جهد اختزال Cu^{2+} (+0.34 V).

∴ النحاس يمكن أن يختزل أيونات Ag^+ فى محلول $AgNO_3$

وعليه يتم استبعاد الاختيار (أ)

∵ جهد اختزال Cu^{2+} (+0.34 V) > جهد اختزال Mg^{2+} (–2.37 V).

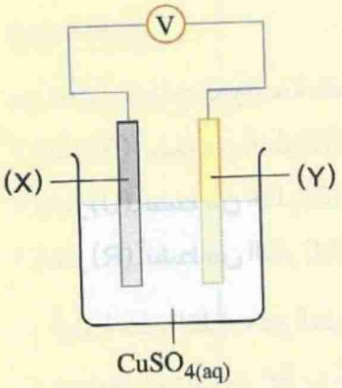
∴ النحاس لا يمكن أن يختزل أيونات Mg^{2+} فى محلول $Mg(NO_3)_2$ (أى لا يحدث تفاعل بينهما).

الحل : الاختيار الصحيح : (ب)

---

٣ الشكل المقابل : يوضح عملية غمس فلزين مختلفين فى محلول $CuSO_{4(aq)}$

ما زوج الفلزات (X) ، (Y) الذى يعطى أكبر قراءة فى جهاز الڤولتميتر ؟



(أ) النحاس و الماغنسيوم.

(ب) الماغنسيوم و البلاتين.

(ج) الماغنسيوم و الخارصين.

(د) الفضة و البلاتين.

فكرة الحل :

يستخدم الڤولتميتر فى قياس قيمة emf للخلايا الجلفانية وتكون قراءته أكبر ما يمكن عندما يكون الفرق بين جهدى الأكسدة (أو جهدى الاختزال) للقطبين المستخدمين أكبر ما يمكن.

∵ العناصر الموضحة بالاختيارات تُرتب تنازليًا تبعًا لجهود الأكسدة حسب سلسلة الجهود الكهربية كالتالى :

الماغنسيوم > الخارصين > النحاس > الفضة > البلاتين.

∴ جهد أكسدة الماغنسيوم Mg هو الأكبر وجهد أكسدة البلاتين Pt هو الأصغر، بالنسبة للعناصر الموضحة بالاختيارات.

وبالتالى يكون الفرق فى الجهد بين قطبى الماغنسيوم والبلاتين هو الأكبر.

الحل : الاختيار الصحيح : (ب)

٤ ماذا يحدث عند إضافة قطرات من I_2 إلى محلول مائى يحتوى على أيونات Fe^{2+} ، Fe^{3+} ، I^- ؟

E°	نصف الخلية
+0.77 V	$Fe^{3+} + e^- \longrightarrow Fe^{2+}$
+0.536 V	$I_2 + 2e^- \longrightarrow 2I^-$

ⓐ يُختزل I_2 إلى I^-

ⓑ لا يحدث تفاعل أكسدة واختزال.

ⓒ I^- يتأكسد إلى I_2

ⓓ Fe^{2+} يتأكسد إلى Fe^{3+}

فكرة الحل :

∵ جهد اختزال Fe^{3+} إلى Fe^{2+} أكبر من جهد اختزال I_2 إلى $2I^-$

∴ يعبر عن التفاعل التلقائى الحادث بالمعادلة الآتية :

$$2I^- + 2Fe^{3+} \longrightarrow I_2 + 2Fe^{2+}$$

ومنه يتضح :

- حدوث عملية اختزال لأيونات Fe^{3+}
- حدوث عملية أكسدة لأيونات I^-

الحل : الاختيار الصحيح : ⓒ

---

٥ إذا كانت قيمة E° لنصف الخلية : $A \longrightarrow A^+ + e^-$ بقيمة سالبة كبيرة.

أى مما يأتى يعتبر استنتاجًا صحيحًا ؟

ⓐ A يسهل اختزاله.

ⓑ A يسهل أكسدته.

ⓒ A^+ يسهل اختزاله.

ⓓ A^+ يسهل أكسدته.

فكرة الحل :

∵ جهد اختزال (A^+) بقيمة سالبة كبيرة.

∴ جهد أكسدة (A) بقيمة موجبة كبيرة وبالتالى يسهل أكسدته.

$$A \longrightarrow A^+ + e^-$$

الحل : الاختيار الصحيح : ⓑ

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: استخدام سلسلة الجهود الكهربية في تحديد نوع التفاعل (تلقائي أم غير تلقائي).

١ خلية كهروكيميائية الرمز الاصطلاحي لها : $Mg_{(s)} / Mg^{2+}_{(aq)} \; // \; Cu^{2+}_{(aq)} / Cu_{(s)}$

وجهدي اختزال قطبيها، هما :

- $Mg^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Mg_{(s)} \qquad E^\circ = -2.38\ V$
- $Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Cu_{(s)} \qquad E^\circ = +0.34\ V$

أي مما يأتي يعبر عن التفاعل الحادث في الخلية والقوة الدافعة الكهربية لها ؟

Ⓐ تلقائي / $+2.72$ V   Ⓑ تلقائي / $+2.04$ V
Ⓒ غير تلقائي / -2.72 V   Ⓓ غير تلقائي / -2.04 V

فكرة الحل :

المعادلة الأيونية المعبرة عن التفاعل الحادث :

$$Mg^0_{(s)} + Cu^{2+}_{(aq)} \longrightarrow Mg^{2+}_{(aq)} + Cu^0_{(s)}$$

(Oxidation: $Mg^0 \to Mg^{2+}$ ، Reduction: $Cu^{2+} \to Cu^0$)

$$emf = E^\circ_{red}(Cu^{2+}) - E^\circ_{red}(Mg^{2+})$$
$$= 0.34 - (-2.38) = +2.72\ V$$

∵ قيمة emf = 2.72 V وبإشارة موجبة.
∴ التفاعل الحادث تلقائي.

الحل : الاختيار الصحيح : Ⓐ

---

٢ من الجدول المقابل :

$A_{2(g)} + 2e^- \longrightarrow 2A^-_{(aq)}$	$E^\circ = 2.87$ V
$B_{2(g)} + 2e^- \longrightarrow 2B^-_{(aq)}$	$E^\circ = 1.36$ V
$C_{2(l)} + 2e^- \longrightarrow 2C^-_{(aq)}$	$E^\circ = 1.09$ V
$D_{2(s)} + 2e^- \longrightarrow 2D^-_{(aq)}$	$E^\circ = 0.52$ V

أي مما يلي يمثل تفاعل أكسدة واختزال تلقائي ؟

Ⓐ $B_{2(g)} + 2C^-_{(aq)} \longrightarrow C_{2(l)} + 2B^-_{(aq)}$
Ⓑ $C_{2(l)} + 2A^-_{(aq)} \longrightarrow A_{2(g)} + 2C^-_{(aq)}$
Ⓒ $2C^-_{(aq)} + D_{2(s)} \longrightarrow C_{2(l)} + 2D^-_{(aq)}$
Ⓓ $2B^-_{(aq)} + C_{2(l)} \longrightarrow B_{2(g)} + 2C^-_{(aq)}$

فكرة الحل :

$$emf = E^\circ_{red}(B_2) - E^\circ_{red}(C_2) \quad \text{« الاختيار Ⓐ »}$$
$$= 1.36 - 1.09 = +0.27\ V$$

∵ قيمة emf بإشارة موجبة.
∴ تفاعل الأكسدة والاختزال الحادث تلقائي.

الحل : الاختيار الصحيح : Ⓐ

الخلايا الجلفانية و إنتاج الطاقة الكهربية

تنتج الخلايا الجلفانية طاقة كهربية من خلال تفاعلات (أكسدة - اختزال) تلقائية

تصنف الخلايا الجلفانية
تبعًا لطبيعة عملها فى إنتاج الطاقة الكهربية إلى :

- أولاً: خلايا أولية
- ثانيا: خلايا ثانوية

أولاً الخلايا الأولية Primary Cells

- هى خلايا جلفانية تتحول فيها الطاقة الكيميائية المختزنة إلى طاقة كهربية من خلال تفاعل (أكسدة - اختزال) تلقائى غير انعكاسى ولا يمكن إعادة شحنها بعد تفريغها.

عيوب الخلايا الأولية

- **توصف** الخلايا الأولية بأنها خلايا غير انعكاسية، **لأنه** يصعب عمليًا و اقتصاديًا وربما يكون من المستحيل إعادة شحنها بغرض إعادة مكوناتها إلى حالتها الأصلية.
- **يتوقف عمل الخلايا الأولية عندما :**
  - تستهلك مادة المصعد.
  - تنضب أيونات نصف خلية المهبط (الكاثود).

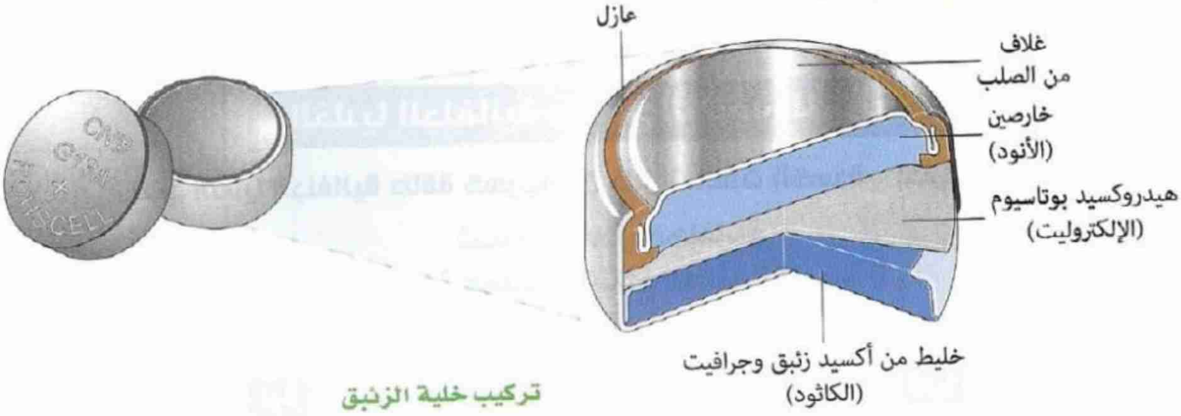
مميزات الخلايا الأولية

- تعرف الخلايا الأولية بالبطاريات الجافة (Dry Batteries)، حيث توجد فى صورة **جافة** وليست سائلة، حتى يسهل استخدامها وخاصةً فى الأجهزة المتنقلة.
- تحقق الخلايا الأولية الجافة **جهدًا ثابتًا لمدة أطول** أثناء تشغيلها.
- يمكن تصنيع الخلايا الأولية فى أحجام **صغيرة**.

نماذج من الخلايا الأولية

1. خلية الزئبق
2. خلية الوقود

١ خلية الزئبق Mercury Cell



تركيب خلية الزئبق

النوع	* خلية جلفانية أولية.
الشكل	* تصنع فى شكل أسطوانى أو على هيئة قرص مغلق بإحكام وتتميز بصغر حجمها.
الإلكتروليت	* هيدروكسيد البوتاسيوم (KOH).
الأنود (المصعد) (القطب السالب)	* الخارصين (Zn).
الكاثود (المهبط) (القطب الموجب)	* أكسيد الزئبق (HgO) والجرافيت.
التفاعل الكلى	Oxidation (Zn → ZnO) $Zn^0_{(s)} + HgO_{(s)} \longrightarrow ZnO_{(s)} + Hg^0_{(l)}$ Reduction (HgO → Hg)
القوة الدافعة الكهربية	$E_{cell} = emf_{cell} = 1.35\ V$
الاستخدام	* تتميز خلية الزئبق بصغر حجمها، **لذا** فهى شائعة الاستخدام **فى :** • سماعات الأذن. • الساعات. • كاميرات التصوير.
احتياطات ما بعد الاستخدام	* يجب التخلص من خلية الزئبق بعد استخدامها بطريقة آمنة، **لاحتوائها** على مادة الزئبق السامة.

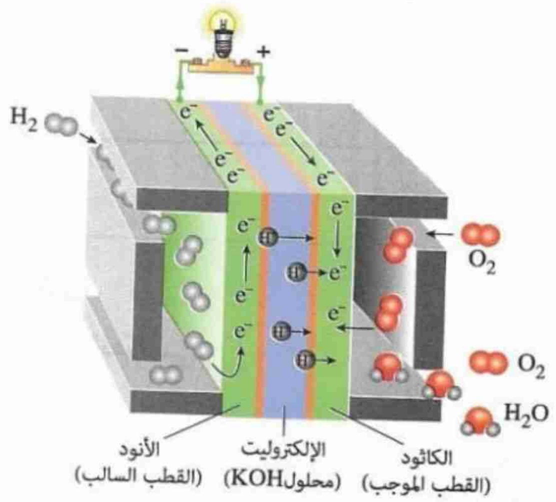
٢ خلية الوقود Fuel Cell

◄ **يحترق** غاز الهيدروچين H_2 **بعنف** فى الهواء ويكون التفاعل **مصحوبًا** بانطلاق ضوء وحرارة.

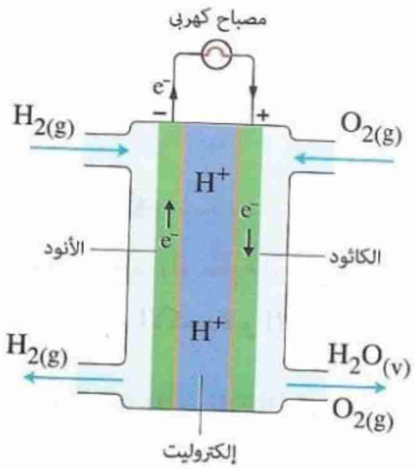


$$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(v)} + \text{Energy}$$

◄ **تمكن العلماء من** إجراء هذا التفاعل فى ظروف خاصة – يمكن التحكم فيها – داخل ما يُعرف **بخلية الوقود**.



تركيب خلية الوقود



شكل تخطيطى لخلية الوقود

النـــــوع	* خلية جلفانية أولية.
التـركـيـب	* تتركب خلية الوقود من قطبين، كل منهما على هيئة وعاء مجوف مبطن بطبقة من الكربون المسامى، **للسماح** بالاتصال بين ما بداخل الوعاء المجوف والمحلول الإلكتروليتى.
الوقــود المستخدم	* غازى الهيدروچين (H_2) والأكسچين (O_2) من مصدر خارجى.
الإلكتروليت	* محلول مائى ساخن من هيدروكسيد البوتاسيوم (KOH). **للإيضاح فقط**: تصل درجة حرارة محلول KOH إلى 200°C
تفاعل الأنود (تفاعل الأكسدة)	$2H_{2(g)} + 4OH^-_{(aq)} \longrightarrow 4H_2O_{(v)} + 4e^-$ $E^\circ_{oxid} = 0.83\ V$ ....① **«استهلاك أيونات OH^- يقلل من قيمة pH حول الأنود»**
تفاعل الكاثود (تفاعل الاختزال)	$O_{2(g)} + 2H_2O_{(v)} + 4e^- \longrightarrow 4OH^-_{(aq)}$ $E^\circ_{red} = 0.4\ V$ ....② **«زيادة تركيز أيونات OH^- يزيد من قيمة pH حول الكاثود»**
التفاعل الكلى	* بجمع المعادلتين ①، ②: $2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(v)}$ $E_{cell} = 1.23\ V$

القوة الدافعة الكهربية	$E_{cell} = emf_{cell} = E^{o}_{oxid}\ (Anode) + E^{o}_{red}\ (Cathode)$ $= 0.83 + 0.4 = 1.23\ V$
المميزات	* لا تُستهلك مكوناتها كباقى الخلايا الجلفانية، **لأنها** تزود بالوقود من مصدر خارجي. * تعمل عند درجات حرارة مرتفعة، وهو ما يؤدى إلى تبخر الماء الناتج عنها ويستخدم بعد تكثيفه كمياه للشرب.
الاختلاف عن باقى الخلايا الجلفانية	* يتطلب عملها الإمداد المستمر بالوقود والإزالة المستمرة للنواتج، **لأنها** لا تختزن الطاقة التى تنتجها.

ملحوظات

(١) خلية الوقود (أو خلية الزئبق) من الخلايا الجلفانية الأولية.

لأن تفاعل الأكسدة و الاختزال الحادث فيها تلقائى وغير انعكاسى.

(٢) خلية الوقود (أو خلية الزئبق) من الخلايا القلوية.

لأن الإلكتروليت المستخدم فيها هو هيدروكسيد البوتاسيوم.

(٣) أهمية خلايا الوقود فى مركبات الفضاء.

لأن الوقود المستخدم فيها هو نفس الوقود المستخدم فى إطلاق الصواريخ الحاملة لمركبات الفضاء، بالإضافة إلى استخدام الماء الناتج عنها - بعد تكثيفه - كمياه شرب لرواد الفضاء.



صاروخ يحمل مركبة فضاء

ثانيًا الخلايا الثانوية Secondary Cells

- **هى** خلايا جلفانية تتحول فيها الطاقة الكيميائية المختزنة إلى طاقة كهربية من خلال تفاعل (أكسدة - اختزال) تلقائى انعكاسى ويمكن إعادة شحنها بعد تفريغها.

- تُجرى عملية إعادة شحن الخلايا الثانوية بإمرار تيار كهربى مستمر - من مصدر خارجى جهده أعلى من E_{cell} للبطارية - بين قطبيها، فى عكس اتجاه مروره أثناء عملية التفريغ.

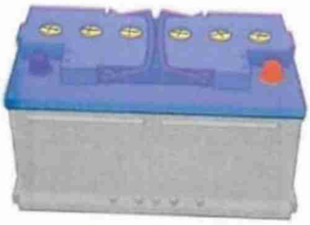
نماذج من الخلايا الثانوية

١ بطارية الرصاص الحامضية

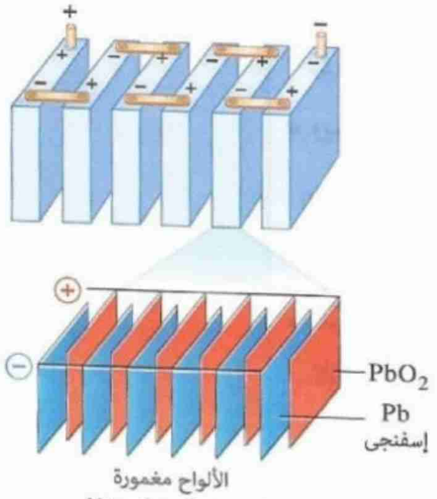
٢ بطارية أيون الليثيوم

١ بطارية الرصاص الحامضية Lead - acid battery

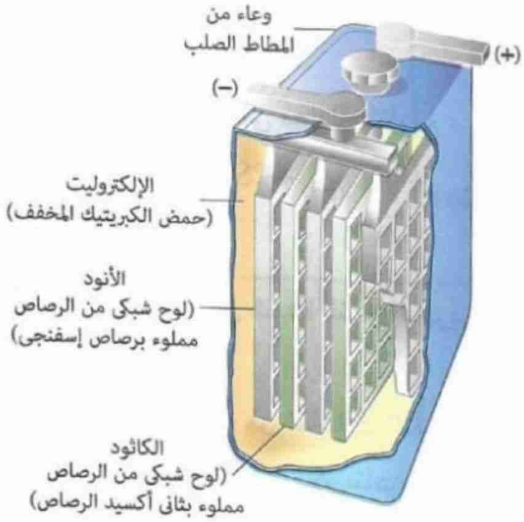
- تُعرف بطارية الرصاص الحامضية (مركم الرصاص) باسم **بطارية السيارات**، **لأنها** تعتبر أنسب أنواع البطاريات المستخدمة فى السيارات.
- تتكون هذه البطارية غالبًا من 6 خلايا متصلة معًا على **التوالى**، وعند الحاجة يمكن تصنيع بطاريات أكبر حجمًا تحتوى على أكثر من 6 خلايا.



بطارية سيارة



تتكون بطارية الرصاص الحامضية من 6 خلايا متصلة معًا على التوالى



تركيب خلية واحدة من خلايا بطارية السيارة

النـــــوع	* خلية جلفانية ثانوية.
التركيـــب	* تُصنع بطارية الرصاص الحامضية من وعاء من المطاط الصلب أو البلاستيك (بولى ستيرين)، **لأنه لا يتأثر** بحمض الكبريتيك المستخدم فيها. * ألواح من شبكات الرصاص المعزولة عن بعضها بصفائح عازلة، وتغمر جميعها فى حمض الكبريتيك المخفف.
الإلكتروليت	* حمض الكبريتيك المخفف (H_2SO_4). $H_2SO_{4(aq)} \longrightarrow 2H^+_{(aq)} + SO^{2-}_{4\,(aq)}$
الأنود (المصعد) (القطب السالب)	* شبكة من الرصاص مملوءة برصاص إسفنجى (Pb).
الكاثود (المهبط) (القطب الموجب)	* شبكة من الرصاص مملوءة بعجينة من ثانى أكسيد الرصاص (PbO_2).

تفاعلات التفريغ (Discharging)

* **تفريغ مركم الرصاص** هو عملية تحويل الطاقة الكيميائية المختزنة فى المركم إلى طاقة كهربية عن طريق تفاعل (أكسدة - اختزال) تلقائى.

* يعمل مركم الرصاص عند تشغيل السيارة **كخلية جلفانية** وتتم فيها **التفاعلات التالية** :

• **تفاعل الأنود :**

$$Pb^0_{(s)} + SO^{2-}_{4(aq)} \xrightarrow{\text{Oxidation}} PbSO_{4(s)} + 2e^- \quad E^\circ_{oxid} = 0.36\ V \quad \cdots\cdots (1)$$

• **تفاعل الكاثود :**

$$PbO_{2(s)} + 4H^+_{(aq)} + SO^{2-}_{4(aq)} + 2e^- \xrightarrow{\text{Reduction}} PbSO_{4(s)} + 2H_2O_{(l)}$$

$$E^\circ_{red} = 1.69\ V \quad \cdots\cdots (2)$$

* **وبجمع معادلتى التفاعلين (1) ، (2) نحصل على معادلة التفريغ :**

$$Pb^0_{(s)} + PbO_{2(s)} + 4H^+_{(aq)} + 2SO^{2-}_{4(aq)} \xrightarrow{\text{discharge}} 2PbSO_{4(s)} + 2H_2O_{(l)}$$

$$E_{cell} \simeq 2\ V$$

تفاعلات الشحن (Charging)

* طول مدة استخدام بطارية السيارة يقلل من شدة التيار الكهربى الصادر عنها، **لأنه يؤدى إلى :**

• زيادة تخفيف حمض الكبريتيك بالماء الناتج من تفاعلات التفريغ.

• تحول مادة الأنود (Pb) ومادة الكاثود (PbO_2) إلى كبريتات رصاص (II) $PbSO_4$ وهو ما يستلزم إعادة شحن البطارية، أى تحويلها من خلية جلفانية إلى خلية تحليلية (إلكتروليتية) وذلك بتوصيل قطبى المركم بمصدر خارجى للتيار الكهربى المستمر، جهده أكبر قليلًا من جهد المركم، مما يؤدى إلى حدوث تفاعل كيميائى غير تلقائى معاكس للتفاعل التلقائى الذى حدث أثناء عملية التفريغ.

* **وهذا التفاعل العكسى يؤدى إلى :**

• تحول كبريتات الرصاص (II) $PbSO_4$ إلى رصاص (Pb) عند كاثود الخلية التحليلية (أنود الخلية الجلفانية)، وثانى أكسيد رصاص (PbO_2) عند أنود الخلية التحليلية (كاثود الخلية الجلفانية).

• إعادة تركيز حمض الكبريتيك إلى ما كان عليه، **وتتم هذه التفاعلات، كالتالى :**

• **تفاعل الكاثود :**

$$PbSO_{4(s)} + 2e^- \xrightarrow{\text{Reduction}} Pb^0_{(s)} + SO^{2-}_{4(aq)} \quad \cdots\cdots (1)$$

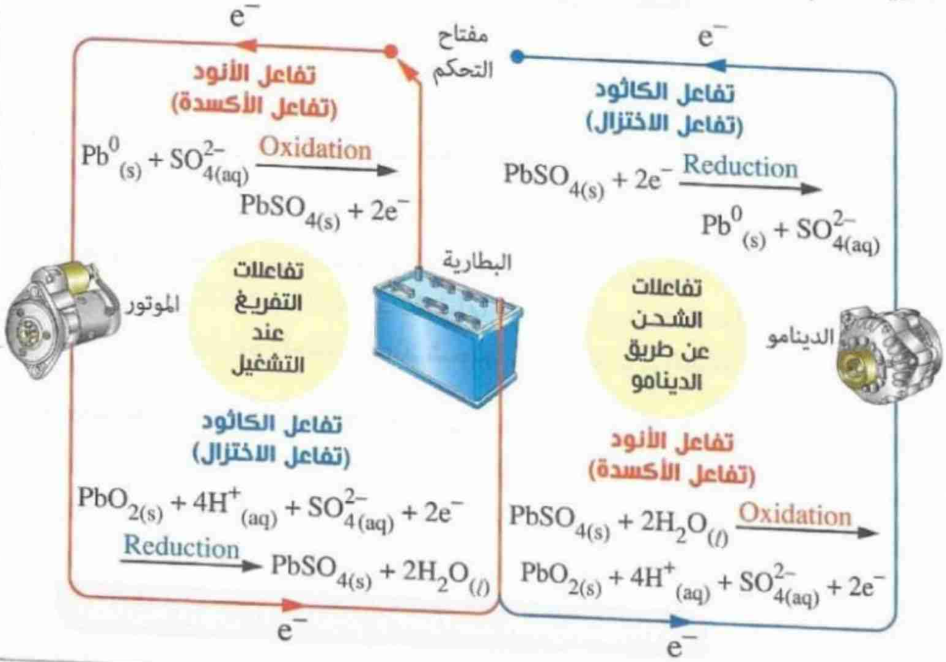
• **تفاعل الأنود :**

$$PbSO_{4(s)} + 2H_2O_{(l)} \xrightarrow{\text{Oxidation}} PbO_{2(s)} + 4H^+_{(aq)} + SO^{2-}_{4(aq)} + 2e^- \quad \cdots\cdots (2)$$

وبجمع معادلتى التفاعلين (1) ، (2) نحصل على معادلة الشحن :

$$2PbSO_{4(s)} + 2H_2O_{(l)} \xrightarrow{\text{charge}} Pb^0_{(s)} + PbO_{2(s)} + 4H^+_{(aq)} + 2SO^{2-}_{4(aq)}$$

* ويستخدم دينامو السيارة فى إعادة شحن البطارية أولًا بأول وبصورة مستمرة.



معادلة التفاعل الكلى

$$Pb^0_{(s)} + PbO_{2(s)} + 4H^+_{(aq)} + 2SO^{2-}_{4(aq)} \underset{charge}{\overset{discharge}{\rightleftharpoons}} 2PbSO_{4(s)} + 2H_2O_{(l)}$$

القوة الدافعة الكهربية

$$E_{cell} = emf_{cell} = E^\circ_{oxid}\ (Anode) + E^\circ_{red}\ (Cathode)$$
$$= 0.36 + 1.69 \simeq 2\ V$$

∵ البطارية تتكون غالبًا من 6 خلايا متصلة معًا على التوالى :

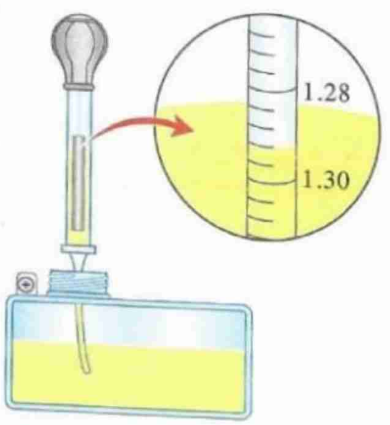
$$\therefore\ emf_{Battery} = 2 \times 6 = 12\ V$$

الكشف عن حالة البطارية

* يستخدم جهاز الهيدروميتر (جهاز قياس كثافة السوائل) فى التعرف على حالة البطارية بقياس كثافة حمض الكبريتيك فيها،

فإذا كانت كثافة الحمض :

- من ($1.28 : 1.30\ g/cm^3$) فهذا معناه أن البطارية كاملة الشحن.
- أقل من $1.20\ g/cm^3$ فهذا معناه أن البطارية فى حاجة لإعادة الشحن لزيادة تركيز الحمض.



استخدام الهيدروميتر فى قياس كثافة حمض الكبريتيك فى بطارية السيارة

ملحوظات

(١) تعتبر الخلايا الثانوية (المراكم) بطاريات لتخزين الطاقة.

لأنها عند الشحن تختزن الطاقة الكهربية فى صورة طاقة كيميائية، يمكن تحويلها مرة أخرى إلى طاقة كهربية عند اللزوم.

(٢) مركم الرصاص من البطاريات الحامضية.

لأن الإلكتروليت المستخدم فيه هو حمض الكبريتيك المخفف.

(٣) تعمل بطارية السيارة كخلية جلفانية و كخلية إلكتروليتية.

لأنها تعمل كخلية جلفانية عند تشغيلها (تفريغها)، حيث تتحول الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربية وتعمل كخلية إلكتروليتية (تحليلية) عند شحنها، حيث تتحول الطاقة الكهربية إلى طاقة كيميائية.

(٤) بطارية السيارة تمثل خلية انعكاسية.

لأنه عند إمدادها بمصدر خارجي للتيار الكهربى المستمر - جهده أكبر قليلًا من جهدها - تنعكس تفاعلات الأكسدة إلى اختزال والعكس.

٢ بطارية أيون الليثيوم Lithium ion battery

- يستخدم الليثيوم فى تركيب بطارية أيون الليثيوم الجافة،

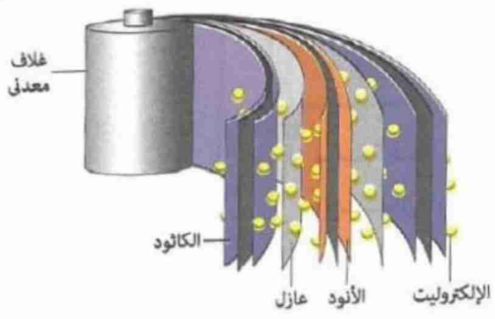
لسببين أساسيين، هما :

- الليثيوم **أخف** فلز معروف.
- جهد الاختزال القياسى لأيون الليثيوم (– 3.04 V) هو **الأصغر** بالنسبة لجهود اختزال باقى العناصر.

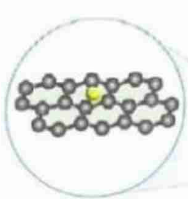


بطارية أيون الليثيوم

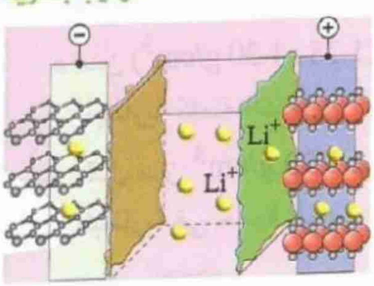
النوع	* خلية جلفانية ثانوية.
التركيب	* تتركب بطارية أيون الليثيوم من غلاف معدنى يحيط برقائق ملفوفة بشكل حلزونى، وهى : الأنود والكاثود وبينهما عازل، وتكون جميعها مغمورة فى الإلكتروليت.



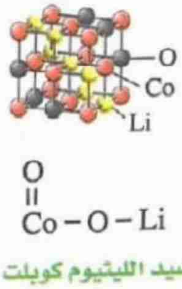
تركيب بطارية أيون الليثيوم



جرافيت الليثيوم



تركيب الأنود والكاثود فى بطارية أيون الليثيوم



أكسيد الليثيوم كوبلت

الإلكتروليت	* محلول لامائى من سداسى فلوروفوسفيد الليثيوم ($LiPF_6$).
الأنود (المصعد) (القطب السالب)	* جرافيت الليثيوم (LiC_6).
الكاثود (المهبط) (القطب الموجب)	* أكسيد الليثيوم كوبلت ($LiCoO_2$).
العازل	* شريحة رقيقة جدًا من البلاستيك تعمل على عزل القطب السالب (الأنود) عن القطب الموجب (الكاثود) وتسمح فى نفس الوقت بمرور الأيونات من خلالها.

تفاعلات التفريغ

* **تتم التفاعلات الآتية عند تشغيل (تفريغ) البطارية :**

• تفاعل الأنود :

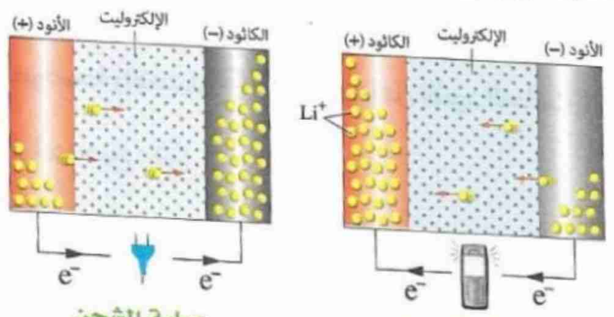
$$\underset{\text{جرافيت الليثيوم}}{LiC_{6(s)}} \xrightarrow{\text{Oxidation}} \underset{\text{جرافيت}}{C_{6(s)}} + Li^+_{(aq)} + e^- \quad \text{......} (1)$$

• تفاعل الكاثود :

$$\underset{\text{أكسيد الكوبلت (IV)}}{CoO_{2(s)}} + Li^+_{(aq)} + e^- \xrightarrow{\text{Reduction}} \underset{\text{أكسيد الليثيوم كوبلت}}{LiCoO_{2(s)}} \quad \text{......} (2)$$

وبجمع معادلتى التفاعلين (1) ، (2) نحصل على معادلة تفريغ بطارية أيون الليثيوم، كالتالى :

$$\underset{\text{جرافيت الليثيوم}}{LiC_{6(s)}} + \underset{\text{أكسيد الكوبلت (IV)}}{CoO_{2(s)}} \xrightarrow{\text{discharge}} \underset{\text{جرافيت}}{C_{6(s)}} + \underset{\text{أكسيد الليثيوم كوبلت}}{LiCoO_{2(s)}}$$



عملية الشحن

عملية التفريغ (عند تشغيل البطارية)

معادلة التفاعل الكلى

$$LiC_{6(s)} + CoO_{2(s)} \underset{\text{charge}}{\overset{\text{discharge}}{\rightleftharpoons}} C_{6(s)} + LiCoO_{2(s)}$$

القوة الدافعة الكهربية

$$E_{cell} = emf_{Battery} = 3\ V$$

الاستخدامات

* **تتميز** بطارية أيون الليثيوم **بخفة وزنها وقدرتها على** تخزين كميات كبيرة من الطاقة مقارنةً بحجمها، كما أنها بطارية **جافة قابلة للشحن، لذا تستخدم فى :**

• أجهزة التليفون المحمول Mobile
• أجهزة الكمبيوتر المحمول Laptop
• السيارات الكهربية، كبديل لبطارية مركم الرصاص.

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: التعرف على أنواع مختلفة من الخلايا الجلفانية.

١ أى المعادلات الآتية تعبر عن تفاعل الأنود فى خلية الزئبق ؟

Ⓐ $HgO_{(s)} + H_2O_{(l)} + 2e^- \longrightarrow Hg_{(l)} + 2OH^-_{(aq)}$

Ⓑ $Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Zn_{(s)}$

Ⓒ $Zn_{(s)} + 2OH^-_{(aq)} \longrightarrow ZnO_{(s)} + H_2O_{(l)} + 2e^-$

Ⓓ $Zn_{(s)} + HgO_{(s)} \longrightarrow ZnO_{(s)} + Hg_{(l)}$

فكرة الحل :

∵ التفاعلات الحادثة عند الأنود تكون تفاعلات الأكسدة فقط.

∴ يستبعد الاختيارين Ⓐ ، Ⓑ

∵ المعادلة الموضحة بالاختيار Ⓓ تعبر عن التفاعل الكلى الحادث فى خلية الزئبق **(وليس تفاعل الأنود فقط).**

∴ يستبعد الاختيار Ⓓ

∵ الإلكتروليت المستخدم فى خلية الزئبق هو KOH يحتوى على أيونات OH^- بالإضافة إلى أن مادة الأنود Zn تتأكسد إلى ZnO

∴ المعادلة الموضحة بالاختيار Ⓒ تعبر عن تفاعل الأنود الحادث فى خلية الزئبق.

الحل : الاختيار الصحيح : Ⓒ

---

٢ كل مما يلى يُعبر عن خلية الوقود، عدا ....

Ⓐ خلية أولية تختزن الطاقة الكهربية.

Ⓑ الإلكتروليت فيها قاعدى.

Ⓒ ينتج عنها طاقة كهربية وبخار ماء.

Ⓓ E_{cell} لها تساوى $+1.23\ V$

فكرة الحل :

∵ خلية الوقود يستخدم فيها محلول ساخن من KOH كإلكتروليت ويكون إنتاج الطاقة فيها مصحوبًا بتكوين بخار ماء وقيمة E_{cell} لها $1.23\ V$

∴ تستبعد الاختيارات Ⓑ ، Ⓒ ، Ⓓ

خلية الوقود خلية أولية ولكنها لا تختزن الطاقة التى تنتجها.

الحل : الاختيار الصحيح : Ⓐ

٣ ماذا يحدث عند توصيل بطارية السيارة بمصدر للتيار المستمر قوته الدافعة الكهربية $12.6\ V$ ؟

ⓐ يتأكسد Pb

ⓑ يختزل PbO_2

ⓒ يتحول $Pb(SO_4)_2$ إلى حمض الكبريتيك.

ⓓ يحدث تفاعل عكسى عند القطبين.

فكرة الحل :

الجهد الكلى لبطارية السيارة يساوى $12\ V$ وعند توصيلها بمصدر خارجى للتيار المستمر جهده أكبر قليلًا من $12\ V$ تتحول البطارية من خلية جلفانية إلى خلية تحليلية (أى يحدث تفاعل كيميائى غير تلقائى معاكس للتفاعل التلقائى الحادث أثناء عملية التفريغ).

الحل : الاختيار الصحيح : ⓓ

---

٤ كل مما يلى يُعبر عن بطارية أيون الليثيوم، عدا إنها ....

ⓐ تنتقل فيها أيونات Li^+ من طبقات C_6 عند التفريغ.

ⓑ تنتقل فيها أيونات Li^+ من طبقات CoO_2 عند الشحن.

ⓒ تنتقل فيها أيونات Li^+ فى الدائرة الخارجية عند التفريغ.

ⓓ تنتقل فيها أيونات Li^+ بين طبقات C_6 ، CoO_2 عند التفريغ والشحن.

فكرة الحل :

∵ عند التفريغ تنتقل أيونات Li^+ من بين طبقات الجرافيت C_6 إلى طبقات CoO_2

«تفاعل الأنود» $$LiC_{6(s)} \longrightarrow C_{6(s)} + Li^+_{(aq)} + e^-$$

∴ يستبعد الاختيار ⓐ

∵ عند الشحن تنتقل أيونات Li^+ من بين طبقات CoO_2 إلى طبقات الجرافيت C_6

«تفاعل الأنود» $$LiCoO_{2(s)} \longrightarrow CoO_{2(s)} + Li^+_{(aq)} + e^-$$

∴ يستبعد الاختيار ⓑ

∵ الدائرة الخارجية تنتقل فيها الإلكترونات.

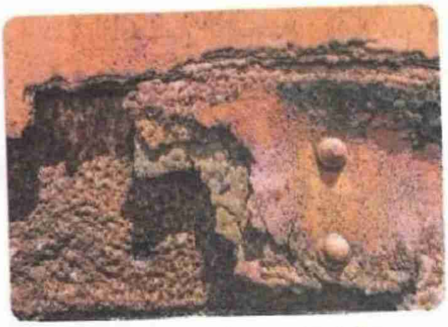
∴ أيونات Li^+ لا تنتقل فى الدائرة الخارجية.

الحل : الاختيار الصحيح : ⓒ

تآكل المعادن



يتسبب صدأ الحديد فى أضرار بالغة للاقتصاد العالمى



يتآكل الحديد فى صورة طبقات تبدأ من السطح

- أى عملية تآكل كيميائى للفلزات بفعل الوسط المحيط تعرف **بالصدأ.**
- وتعتبر تفاعلات صدأ المعادن من تفاعلات (الأكسدة – الاختزال) غير المرغوب فيها، **لأنها** تتسبب فى تدهور المنشآت المعدنية، وخاصةً الحديدية منها مما يسبب خسائر اقتصادية فادحة.
- وتقدر كمية الحديد المفقودة سنويًا نتيجة الصدأ، بحوالى ربع إنتاج العالم منه سنويًا.
- وتختلف الفلزات عن بعضها فى تعرضها للتآكل، **لأن** صدأ الفلزات يتوقف على مدى **نشاطها الكيميائى**، فالفلزات التى تقع فى مقدمة سلسلة الجهود الكهربية، تكون عُرضة للتآكل الشديد، بينما فلزات مؤخرة السلسلة – مثل الذهب – لا تتآكل بسهولة فى الظروف الطبيعية.
- تحدث أبسط حالات التآكل عند ملامسة الفلزات للهواء الجوى، فيتفاعل سطح الفلز مع مكونات الهواء (الأكسچين، بخار الماء، وغيرها من الغازات)، فتتكون طبقة على سطح الفلز، يختلف تركيبها حسب طبيعة مكونات غازات الهواء الجوى.
- وتختلف طبيعة هذه الطبقة المتكونة، **كما يتضح من المخطط التالى :**

الطبقة المتكونة على سطح الفلز المتآكل

تصنف حسب

- **نوع الطبقة** إلى:
  - طبقة من أكسيد الفلز
  - طبقة من هيدروكسيد الفلز (الأكسيد المائى للفلز)
- **مدى تماسك الطبقة** إلى:
  - طبقة صلبة غير مسامية شديدة الالتصاق بالفلز
  - طبقة هشة مسامية تذوب فى الماء

- وعندما تكون الطبقة المتكونة **متماسكة صلبة غير مسامية شديدة الالتصاق بالفلز ولا تذوب فى الماء،** فإنها تقف حائلًا بين الفلز والوسط المحيط، وبالتالى فإنها تحمى الفلز من زيادة التآكل.
- أما عندما تكون الطبقة المتكونة **هشة مسامية وقابلة للذوبان فى الماء،** فإن فرصة التآكل السريع تكون أكبر، وهو ما يحدث عند وجود الفلز فى وسط مائى، **لأن** وجود الأكسچين فى الماء وكذلك وجود الأملاح فيه، تجعله موصل جيد للكهرباء، وهو ما يُسرع من العمليات الكهروكيميائية.

ملحوظات

(١) * وجود الذهب فى الطبيعة فى صورة منفردة.
* عدم تآكل الذهب بسهولة فى الظروف العادية.

لأن الذهب من الفلزات المتأخرة فى سلسلة الجهود الكهربية (جهد تأكسده صغير).

(٢) صعوبة صدأ (تآكل) الألومنيوم بالرغم من أنه من العناصر التى تقع فى مقدمة السلسلة.

لأن الألومنيوم يتفاعل مع الهواء الجوى مكونًا طبقة صلبة غير مسامية من أكسيد الألومنيوم، لا تذوب فى الماء، فتحميه من التآكل.

ميكانيكية عملية تآكل المعادن

- تآكل الفلزات النقية - حتى الحديد - يكون صعبًا، ولكن معظم المعادن الصناعية تحتوى على شوائب مختلفة تنشط عملية التآكل، **لأن** ملامسة فلز أقل نشاطًا لفلز آخر أكثر منه نشاطًا يسبب تآكل الفلز الأنشط، حيث تتكون خلية جلفانية موضعية، **يكون فيها :**

الأنود : هو الفلز الأكثر نشاطًا (الفلز الذى سيتآكل).

الكاثود : هو الفلز الأقل نشاطًا أو الكربون الموجود فى صورة شوائب.

وتفسر ميكانيكية تآكل الحديد الصلب، كالتالى :

التفاعل الكلى

$$2Fe_{(s)} + 3H_2O_{(l)} + \frac{3}{2}O_{2(g)} \longrightarrow 2Fe(OH)_{3(s)}$$



تفاعل الأنود

$$2Fe_{(s)} \longrightarrow 2Fe^{2+}_{(aq)} + 4e^-$$

تفاعل الكاثود

$$2H_2O_{(l)} + O_{2(g)} + 4e^- \longrightarrow 4OH^-_{(aq)}$$

ميكانيكية تآكل الحديد الصلب

- **عند حدوث كسر أو تشقق فى قطعة حديد، فإنها تكون خلية جلفانية، يكون فيها :**
  - **الإلكتروليت :** الماء المذاب فيه بعض الأملاح (الأيونات).
  - **الأنود :** قطعة الحديد، ويتم التأكسد تبعًا للمعادلة التالية :

$$2Fe_{(s)} \xrightarrow{\text{Oxidation}} 2Fe^{2+}_{(aq)} + 4e^- \quad \text{......(1)}$$

- **وتنتقل :** • أيونات Fe^{2+} إلى الإلكتروليت، لتصبح جزء منه.
  - الإلكترونات إلى الكاثود خلال قطعة الحديد
  (أى أن قطعة الحديد تقوم بدور كل من الأنود والدائرة الخارجية).
- **الكاثود :** شوائب الكربون الموجودة فى الحديد، ويتم اختزال أكسچين الهواء الجوى إلى أيونات الهيدروكسيد (OH^-)، **تبعًا للمعادلة التالية :**

$$2H_2O_{(l)} + O_{2(g)} + 4e^- \xrightarrow{\text{Reduction}} 4OH^-_{(aq)} \quad \text{......(2)}$$

◂ **يتم فى الإلكتروليت :**

- اتحاد أيونات الحديد (II) (Fe^{2+}) مع أيونات الهيدروكسيد (OH^-) مكونة هيدروكسيد الحديد (II)، تبعًا للمعادلة التالية :

$$2Fe^{2+}_{(aq)} + 4OH^-_{(aq)} \longrightarrow 2Fe(OH)_{2(s)} \quad (3)$$

- تأكسد هيدروكسيد الحديد (II) بفعل الأكسچين الذائب فى الماء إلى هيدروكسيد الحديد (III)، تبعًا للمعادلة التالية :

$$2Fe(OH)_{2(s)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow 2Fe(OH)_{3(s)} \quad (4)$$

◂ **التفاعل الكلى : بجمع المعادلات الأربعة السابقة :**

$$2Fe_{(s)} + 3H_2O_{(l)} + \frac{3}{2}O_{2(g)} \longrightarrow 2Fe(OH)_{3(s)}$$

ملحوظة

الصدأ عملية بطيئة، لأن الماء يحتوى على كميات محدودة من الأيونات، **وإذا احتوى** الماء على كميات كبيرة من الأيونات (كمياه البحار)، فإن عملية الصدأ تتم بشكل أسرع



يتسبب الماء المحتوى على الكثير من الأيونات (كمياه البحار) فى زيادة معدل صدأ الحديد

العوامل المسببة لتآكل الفلزات

◂ **يمكن إجمال العوامل المسببة لتآكل الفلزات، فى المخطط التالى :**

العوامل المسببة لتآكل الفلزات

عوامل تتعلق

- **بالفلز نفسه**
  - عدم تجانس السبائك
  - اتصال الفلزات ببعضها
- **بالوسط المحيط**
  - يعتبر الماء والأكسچين والأملاح هى العوامل الخارجية التى تؤثر بشكل أساسى فى عملية تآكل المعادن

دور عدم تجانس السبائك فى عملية التآكل

◂ تستخدم الفلزات فى الصناعة غالبًا فى صورة سبائك غير متجانسة، **لصعوبة** تحضيرها فى صورة متجانسة التركيب، **ويترتب على ذلك** تكون عدد لانهائى من الخلايا الجلفانية الموضعية – داخل السبيكة – والتى تتسبب فى تآكل الفلز الأكثر نشاطًا.

دور اتصال الفلزات ببعضها فى عملية التآكل

- اتصال الفلزات ببعضها يتسبب فى زيادة سرعة عملية الصدأ، لتكون خلايا جلفانية موضعية تتسبب فى تآكل الفلز الأكثر نشاطًا

ويحدث ذلك عند :

- مواضع لحام الفلزات ببعضها.
- استخدام مسامير برشام من فلز مختلف.



تتسبب مسامير البرشام فى زيادة سرعة الصدأ

تطبيق

- عند تلامس الألومنيوم والنحاس يتآكل الألومنيوم أولًا.
- عند تلامس الحديد والنحاس يتآكل الحديد أولًا.

طرق وقاية الحديد من الصدأ

- يُعد الحفاظ على الفلزات وحمايتها من الصدأ – وخاصةً الحديد – من أساسيات حماية الاقتصاد العالمى، وتتم حماية الحديد بتغطيته بمادة أخرى تعزله عن الوسط المحيط،

ويتم ذلك بإحدى طريقتين، هما :



طلاء الحديد بمادة زيتية يحميه من الصدأ

1. **الطلاء بمادة عضوية** مثل الزيت أو الورنيش أو السلاقون، وهى طريقة غير فعالة على المدى البعيد.
2. **التغطية بالفلزات المقاومة للتآكل، ويكون ذلك بإحدى طريقتين، هما :**

(أ) الحماية الكاثودية

(ب) الحماية الأنودية

(أ) الحماية الكاثودية (الغطاء الكاثودى)

- تُعرف تغطية الفلز المراد حمايته من الصدأ، بفلز آخر أقل منه نشاطًا **بالغطاء الكاثودى**.

مثال استخدام القصدير (Sn) فى طلاء الحديد المستخدم فى صناعة معلبات المأكولات المحفوظة.



تصنع معلبات التونة من الحديد المطلى بالقصدير

عيب الغطاء الكاثودى

- عند حدوث خدش فى الحديد المطلى بفلز أقل منه نشاطًا – كالقصدير – فإنه يصدأ بشكل أسرع من صدأ الحديد غير المطلى، لتكون خلية جلفانية، موضعية **يكون فيها :**
  - **الأنود** : الفلز الأكثر نشاطًا (الحديد).
  - **الكاثود** : الفلز الأقل نشاطًا (القصدير).



يصدأ الحديد المطلى بالقصدير بشكل أسرع عند خدشه

ب الحماية الأنودية (الغطاء الأنودى)

تُعرف تغطية الفلز المراد حمايته من الصدأ بفلز آخر أكثر منه نشاطًا **بالغطاء الأنودى.**

أمثلة

1. استخدام الماغنسيوم (أو الزنك) فى وقاية الصلب المستخدم فى صناعة السفن.
2. طلاء الحديد بغمسه فى الخارصين المنصهر، فيما يعرف بعملية **الجلفنة.**



الحديد المجلفن عبارة عن حديد مطلى بالخارصين

ميزة الغطاء الأنودى

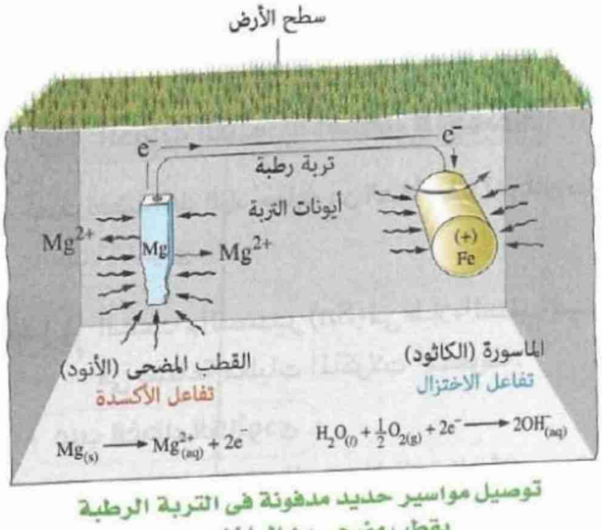
عند حدوث خدش فى طبقة الغطاء الأنودى (وليكن الخارصين)، فإن الفلز المراد حمايته (وليكن الحديد) **لا يبدأ فى التآكل إلا بعد تآكل طبقة الغطاء الأنودى بالكامل وهو ما يستغرق وقتًا طويلًا جدًا، لتكون خلية جلفانية موضعية يكون فيها :**

- **الكاثود** : الفلز الأقل نشاطًا (الحديد).
- **الأنود** : الفلز الأكثر نشاطًا (الخارصين).

ويسمى الأنود فى مثل هذه الخلية الجلفانية بالقطب المضحى.

القطب المضحى

مواسير الحديد المدفونة فى التربة الرطبة وهياكل السفن دائمة الاتصال بالماء المالح تكون أكثر عرضة للتآكل، ولحمايتها من التآكل، يتم جعلها كاثودًا، وذلك بتوصيلها بفلز آخر أكثر نشاطًا من الحديد – وليكن الماغنسيوم – ليعمل كأنود، وهو ما يؤدى إلى تآكل الماغنسيوم بدلًا من تآكل الحديد، لذا يطلق عليه مصطلح القطب المضحى.



توصيل مواسير حديد مدفونة فى التربة الرطبة بقطب مضحى من الماغنسيوم

«المعادلات للإيضاح فقط»

القطب المضحى هو الفلز الذى يتآكل عند توصيله بفلز آخر أقل منه نشاطًا، حيث يعمل هذا الفلز الأنشط كأنود لحماية الفلز الأقل نشاطًا (الكاثود) من الصدأ.

ملحوظات

(١) تزداد سرعة صدأ معلبات المأكولات المحفوظة عند خدشها.

لتكون خلايا جلفانية يكون الأنود فيها هو الحديد – بصفته الفلز الأكثر نشاطًا – والكاثود هو القصدير، فيتآكل الحديد بمعدل أسرع.

(٢) يفضل الغطاء الأنودى عن الغطاء الكاثودى فى الحماية من الصدأ.

لأنه عند حدوث خدش فى طبقة الغطاء الأنودى، فإن الفلز المراد حمايته لا يبدأ فى التآكل إلا بعد تآكل طبقة الغطاء الأنودى بالكامل، وهو ما يستغرق وقتًا طويلًا جدًا، أما عند حدوث خدش فى طبقة الغطاء الكاثودى، فإن الفلز المراد حمايته يتآكل بشكل أسرع.

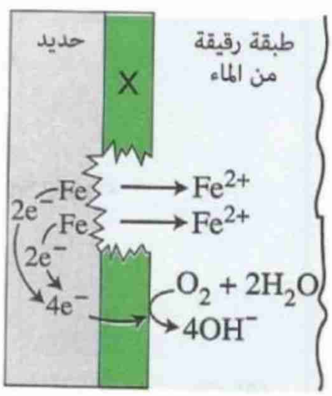
(٣) توصل مواسير الحديد المدفونة فى التربة الرطبة بشرائح من الخارصين (أو الماغنسيوم).

ليعمل الخارصين (أو الماغنسيوم) كغطاء أنودى (قطب مضحى) يتآكل بدلًا من الحديد.

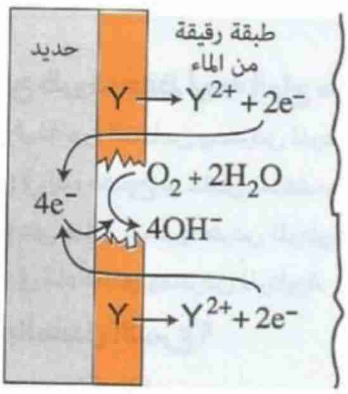


مثال

الشكلان التاليان يمثلان وسيلتين من وسائل حماية الحديد من الصدأ :



(1)



(2)

(١) أى الفلزين (X) ، (Y) يمثل الخارصين وأيهما يمثل القصدير ؟

(٢) ما نوع الحماية المعبر عنها فى الشكل (1) ؟ مع التفسير.

الحل

(١) • الفلز (X) : القصدير.

• الفلز (Y) : الخارصين.

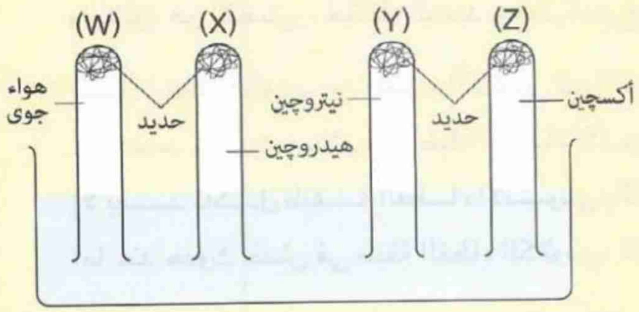
(٢) حماية كاثودية /

لأنه عند حدوث خدش فى الطبقة (X)، يحدث تآكل فى الحديد.

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: تحديد أهمية تفاعلات الأكسدة والاختزال وتطبيقاتها فى الحياة (مثل صدأ الحديد وطرق الوقاية منه).

١ **الشكل المقابل : يعبر عن تجربة أجريت فى أحد المعامل وقد لوحظ بعد مرور شهر من بدء التجربة أن الماء قد ارتفع لأعلى مستوى فى الأنبوبة ....**



ⓐ (W).　ⓑ (X).
ⓒ (Y).　ⓓ (Z).

فكرة الحل :

∵ الحديد يصدأ بفعل غاز الأكسچين (وليس غازى الهيدروچين أو النيتروچين).
∴ يستبعد الاختيارين ⓑ ، ⓒ

∵ معدل صدأ الحديد فى وجود غاز الأكسچين يكون أكبر من معدله فى الهواء الجوى (يحتوى الهواء الجوى على 21% أكسچين).
∴ يرتفع الماء فى الأنبوبة (Z) لمستوى أعلى مما فى الأنبوبة (W) بعد مرور شهر من بدء التجربة.

الحل : الاختيار الصحيح : ⓓ

---

٢ **العبارات التالية توضح ظروف حفظ أربعة ألواح من الحديد :**

- **اللوح (1)** : مطلى برقيقة من النحاس ومعرض للرطوبة فقط.
- **اللوح (2)** : موضوع فى إناء مفتوح به عامل مجفف ومعرض للرطوبة والهواء.
- **اللوح (3)** : موضوع على شاطئ بحر ومعرض للرطوبة والهواء.
- **اللوح (4)** : موضوع فى إناء مغلق ومعرض للرطوبة.

ما اللوح الذى يتآكل بالمعدل الأسرع ؟

ⓐ (1).　ⓑ (2).　ⓒ (3).　ⓓ (4).

فكرة الحل :

∵ طلاء لوح الحديد بطبقة رقيقة من النحاس يحميه من الصدأ طالما لم يحدث خدش بهذه الطبقة.
∴ يستبعد الاختيار ⓐ

∵ وجود عامل مجفف مع لوح الحديد فى إناء مفتوح يحفظه من تأثير الرطوبة.
∴ يستبعد الاختيار ⓑ

∵ وجود لوح الحديد بجوار ماء البحر الذى يحتوى على كميات كبيرة من الأيونات، مما يؤدى إلى زيادة معدل تآكل اللوح.
∴ يتآكل لوح الحديد فى هذه الحالة بمعدل أسرع.

الحل : الاختيار الصحيح : ⓒ

٣ **تركت دراجة فى مكان مفتوح لعدة أشهر، ولوحظ آثار الصدأ على بعض أجزائها.**

كل مما يأتى يعتبر مناسبًا لتقليل معدل تفاعل الصدأ، عدا ....

(أ) إزالة الصدأ وطلاء موضعه بالسلاقون.

(ب) إزالة الصدأ ونقل الدراجة إلى مكان جاف.

(ج) إزالة الصدأ ومسح موضعه بقطعة قماش نظيفة مبللة بالماء.

(د) إزالة الصدأ ومسح موضعه بقطعة قماش نظيفة مبللة بالزيت.

فكرة الحل :

∵ طلاء الحديد بمواد عضوية مثل السلاقون والزيت يحميه من الصدأ.

∴ يستبعد الاختيارين (أ) ، (د)

∵ الماء من العوامل الضرورية لحدوث صدأ الحديد.

∴ يستبعد الاختيار (ب)

الحل : الاختيار الصحيح : (ج)

---

٤ **تتم الحماية الكاثودية لقطعة من الحديد عن طريق ....**

(أ) طلائها بالسلاقون.

(ب) تغطيتها بالرصاص أو النحاس.

(ج) تغطيتها بالماغنسيوم أو الرصاص.

(د) طلائها بالورنيش.

فكرة الحل :

∵ طلاء الحديد بالسلاقون أو الورنيش لحمايته من الصدأ لا يمثل حماية أنودية أو حماية كاثودية بل هو مجرد عزل الحديد عن الوسط المحيط.

∴ يستبعد الاختيارين (أ) ، (د)

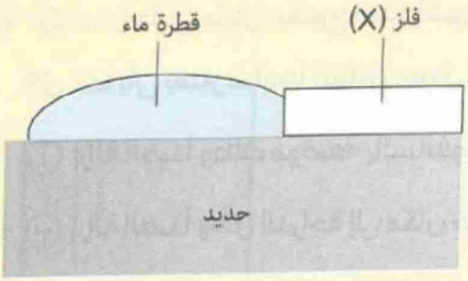
∵ تغطية الفلز المراد حمايته من الصدأ بفلز آخر أقل منه نشاطًا يمثل حماية كاثودية.

∴ تغطية الحديد بفلز الرصاص أو النحاس يمثل حماية كاثودية للحديد.

الحل : الاختيار الصحيح : (ب)

٥ **من الشكل المقابل :**

أى مما يأتى يعتبر صحيحًا ؟



Ⓐ إذا كان الفلز (X) هو الخارصين، فإن الحديد سوف يسلك كأنود.

Ⓑ إذا كان الفلز (X) هو النحاس، فإنه سوف يقوم بدور الغطاء الكاثودى.

Ⓒ احتمال حدوث هذا التفاعل : $O_2 + 2H_2O + 4e^- \longrightarrow 4OH^-$

Ⓓ احتمال حدوث هذا التفاعل : $4OH^- \longrightarrow O_2 + 2H_2O + 4e^-$

فكرة الحل :

∵ الخارصين أكثر نشاطًا كيميائيًا من الحديد.

∴ إذا كان الفلز (X) هو الخارصين فإنه سوف يسلك كأنود والحديد سوف يسلك ككاثود.

وعليه يستبعد الاختيار Ⓐ

∵ الفلز (X) لا يغطى الحديد بشكل كامل.

∴ إذا كان الفلز (X) هو النحاس فإنه لا يعمل كغطاء كاثودى.

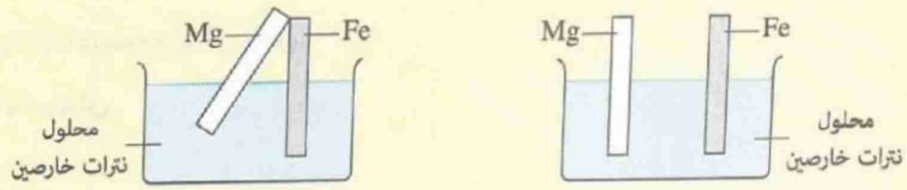
وعليه يستبعد الاختيار Ⓑ

∵ أكسچين الهواء الجوى يختزل عند الكاثود مكونًا أيونات الهيدروكسيد.

∴ يستبعد الاختيار Ⓓ

الحل : الاختيار الصحيح : Ⓒ

٦ **الشكل التالى يوضح تجربتين (1) ، (2) :**



أى مما يلى يُعبر عن الفلز الذى تقل كتلته بمرور الوقت ؟

Ⓐ الماغنسيوم فى التجربة (1) فقط.

Ⓑ الحديد فى التجربة (2) فقط.

Ⓒ الحديد فى التجربتين (1) ، (2).

Ⓓ الماغنسيوم فى التجربتين (1) ، (2).

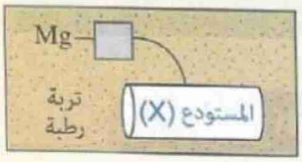
فكرة الحل :

∵ عناصر الخارصين والحديد والماغنسيوم ترتب حسب نشاطها الكيميائى، كالتالى : $Fe < Zn < Mg$

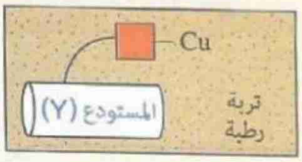
∴ يتآكل الماغنسيوم فى التجربتين (1) ، (2) نتيجة تأكسده، وبالتالى تقل كتلته بمرور الوقت.

الحل : الاختيار الصحيح : Ⓓ

٧ مستودعان متماثلان من الحديد الصلب (X) ، (Y) موضوعين فى تــربة رطبة، تم توصيل قطعــة من الماغنسيوم بالمستودع (X) وقطعة من النحاس بالمستودع (Y)، كما بالشكلين المقابلين :



شكل (1)



شكل (2)

أى مما يأتى يعبر عن تفاعل الأكسدة الحادث فى كل من الشكلين (1) ، (2) ؟

الاختيارات	شكل (1)	شكل (2)
ⓐ	$Mg \longrightarrow Mg^{2+} + 2e^-$	$Fe \longrightarrow Fe^{2+} + 2e^-$
ⓑ	$Mg \longrightarrow Mg^{2+} + 2e^-$	$Cu \longrightarrow Cu^{2+} + 2e^-$
ⓒ	$Fe \longrightarrow Fe^{2+} + 2e^-$	$Fe \longrightarrow Fe^{2+} + 2e^-$
ⓓ	$Fe \longrightarrow Fe^{2+} + 2e^-$	$Cu \longrightarrow Cu^{2+} + 2e^-$

فكرة الحـل :

∵ الفلزات الثلاثة ترتب حسب جهود تأكسدها، كالتالى :

$$Cu < Fe < Mg$$

∴ عند اتصال الماغنسيوم بالحديد الصلب، تحدث عملية أكسدة لفلز الماغنسيوم.

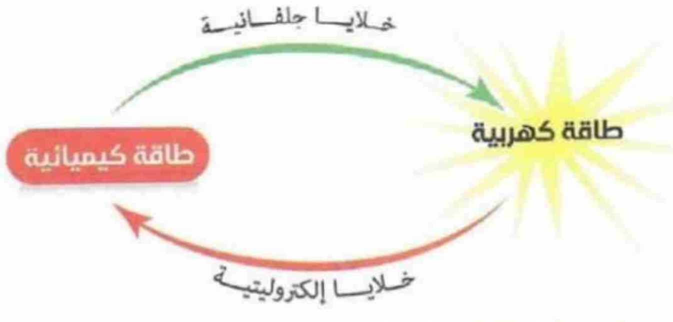
$$Mg \longrightarrow Mg^{2+} + 2e^-$$

وعند اتصال النحاس بالحديد الصلب، تحدث عملية أكسدة للحديد الصلب.

$$Fe \longrightarrow Fe^{2+} + 2e^-$$

الحـل : الاختيار الصحيح : ⓐ

الخلايا الإلكتروليتية



تحولات الطاقة فى الخلايا الجلفانية و الخلايا الإلكتروليتية

- **علمت فى الدرس الأول أن الخلايا الجلفانية تتحول فيها الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربية، أما الخلايا الإلكتروليتية تتحول فيها الطاقة الكهربية إلى طاقة كيميائية.**

- **الخلايا الإلكتروليتية** هى خلايا كهربية تستخدم فيها الطاقة من مصدر خارجى لإحداث تفاعل (أكسدة - اختزال) غير تلقائى.

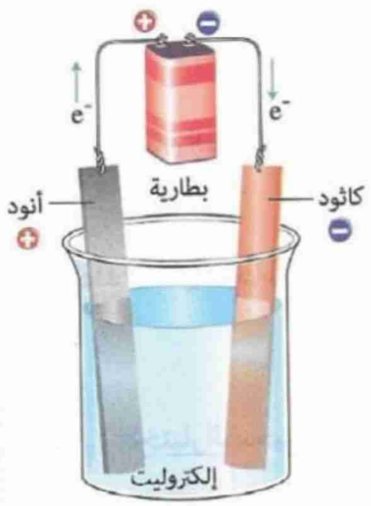
تركيبها

- **تتركب الخلية الإلكتروليتية من وعاء يحتوى على إلكتروليت سائل، قد يكون :**
  - محلولًا لأحد (الأملاح أو القواعد أو الأحماض).

  أو

  - مصهورًا لأحد الأملاح أو أكاسيد الفلزات.

- **ويغمر بالإلكتروليت جزئيًا قطبان، هما :**
  - **الأنــود :** وهو القطب المتصل بالقطب الموجب للبطارية ويحدث له أو عنده تفاعل الأكسدة.
  - **الكاثود :** وهو القطب المتصل بالقطب السالب للبطارية ويحدث عنده تفاعل الاختزال.



خلية إلكتروليتية

وقد يكون القطبين من :

مادة واحدة	مادتين مختلفتين
مثل (الجرافيت أو البلاتين) ولا يشاركان فى التفاعلات الحادثة (كما يحدث فى خلية استخلاص الألومنيوم من خاماته)	مثل (الألومنيوم والفضة) ويشارك الأنود فقط فى التفاعلات الحادثة فيه (كما يحدث فى خلايا الطلاء الكهربى)

طريقة عملها



خلية إلكتروليتية

- **عند توصيل قطبى الخلية** بمصدر للتيار الكهربى المستمر جهده الكهربى أكبر قليلًا من الجهد الانعكاسى للخلية، يسـرى التيار الكهربى فى الخلية الإلكتروليتية، **بحيث :**
  - تنتقل الإلكترونات فى السلك الخارجى من الأنود إلى الكاثود.
  - تنتقل الأيونات فى الإلكتروليت، **كالتالى :**

الكاتيونـــات	الأنيونـــات
(جسيمات مادية فقيرة للإلكترونات)	(جسيمات مادية غنية بالإلكترونات)
تتحرك فى المحلول أو المصهور نحو **الكاثود (القطب السالب)** حيث تتعادل شحنتها **باكتساب** الإلكترونات **(عملية اختزال)**	تتحرك فى المحلول أو المصهور نحو **الأنود (القطب الموجب)** حيث تتعادل شحنتها **بفقد** الإلكترونات **(عملية أكسدة)**

- **وتُعرف الخلايا الإلكتروليتية باسـم الخلايا التحليلية، لأنه** عند مرور التيار الكهربى فيها، تتحلل مادة الإلكتروليت إلى مواد أبسط منها.

- وتعرف عملية التحلل الكيميائى للإلكتروليت بفعل مرور التيار الكهربى فيه **بالتحليل الكهربى**.

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: تفسير التفاعلات التى تحدث فى الخلايا التحليلية.

١ أى العمليات الآتية تحدث عند كاثود خلية التحليل الكهربى لمصهور بروميد الرصاص (II) ؟

Ⓐ $Pb_{(s)} \longrightarrow Pb^{2+}_{(aq)} + 2e^-$
ب $Br_{2(l)} + 2e^- \longrightarrow 2Br^-_{(aq)}$
ج $2Br^-_{(aq)} \longrightarrow Br_{2(l)} + 2e^-$
د $Pb^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Pb_{(s)}$

فكرة الحـل :

الكاثود هو القطب السالب فى الخلايا التحليلية وتحدث له أو عنده عملية اختزال (اكتساب إلكترونات).

∴ يستبعد الاختيارين Ⓐ ، ج

∵ مصهور $PbBr_2$ يحتوى على أيونات Pb^{2+} وأيونات Br^-

∴ تتحرك أيونات Pb^{2+} باتجاه القطب السالب (الكاثود) ليتم اختزالها إلى ذرات Pb

الحـل : الاختيار الصحيح : د

---

٢ المعادلات الآتية تعبر عن تفاعلات تحدث أثناء عمليات التحليل الكهربى :

(1) $4OH^-_{(aq)} \longrightarrow 2H_2O_{(l)} + O_{2(g)} + 4e^-$
(2) $2Cl^-_{(aq)} \longrightarrow Cl_{2(g)} + 2e^-$
(3) $Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Cu_{(s)}$
(4) $2H^+_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow H_{2(g)}$

أى مما يأتى يعبر عن التفاعلين الحادثين عند الأنود ؟

Ⓐ (1) ، (2)
ب (1) ، (3)
ج (2) ، (4)
د (3) ، (4)

فكرة الحـل :

∵ الأنود هو القطب الموجب فى الخلايا التحليلية وتحدث له أو عنده عملية أكسدة (فقد إلكترونات).

∴ يستبعد الاختيارين ب ، ج ، د

الحـل : الاختيار الصحيح : Ⓐ

---

٣ أى مما يأتى يعبر عن حركة الكاتيونات فى المحاليل الإلكتروليتية ؟

Ⓐ تتحرك باتجاه الكاثود فى الخلية التحليلية وباتجاه الأنود فى الخلية الجلفانية.
ب تتحرك باتجاه الأنود فى الخلية التحليلية وباتجاه الكاثود فى الخلية الجلفانية.
ج تتحرك باتجاه الكاثود فى كل من الخلية التحليلية والخلية الجلفانية.
د تتحرك باتجاه الأنود فى كل من الخلية التحليلية والخلية الجلفانية.

فكرة الحـل :

∵ الكاتيونات تتحرك فى محلول نصف الخلية الجلفانية باتجاه الكاثود (القطب الموجب) لتحدث لها عملية اختزال.

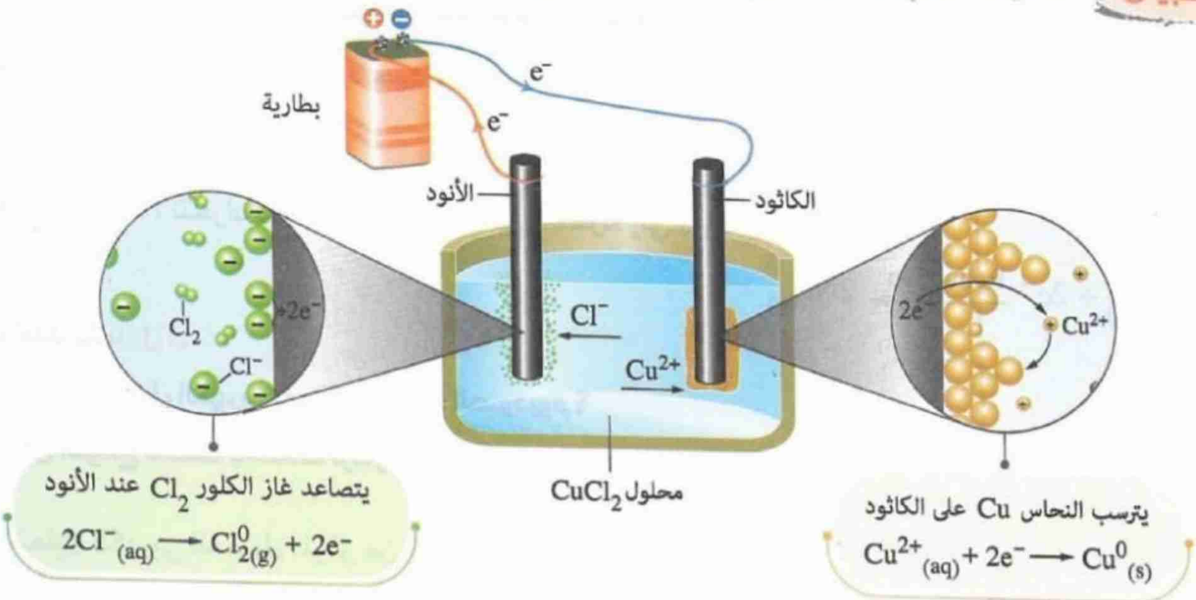
∴ يستبعد الاختيارين Ⓐ ، د

∵ الكاتيونات فى الخلية التحليلية تتحرك باتجاه الكاثود (القطب السالب) لتحدث لها عملية اختزال.

∴ يستبعد الاختيار ب

الحـل : الاختيار الصحيح : ج

تطبيق التحليل الكهربى لمحلول كلوريد النحاس $CuCl_2$ (II) باستخدام قطبين من الجرافيت.



خلية التحليل الكهربى لمحلول كلوريد النحاس (II)

- **يتفكك الإلكتروليت** «محلول كلوريد النحاس (II)» تبعًا **للمعادلة التالية** :

$$CuCl_{2(aq)} \longrightarrow Cu^{2+}_{(aq)} + 2Cl^-_{(aq)}$$

- **تتأكسد أنيونات الكلوريد** (Cl^-) عند **الأنود** (القطب الموجب) متحولة إلى **غاز الكلور** (Cl_2) :

$$2Cl^-_{(aq)} \xrightarrow{\text{Oxidation}} Cl^0_{2(g)} + 2e^- \qquad E^\circ = -1.36\ V \qquad \text{.......... (1)}$$

- **تُختزل كاتيونات النحاس** (Cu^{2+}) عند **الكاثود** (القطب السالب) متحولة إلى **ذرات نحاس** (Cu) تترسب على الكاثود :

$$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \xrightarrow{\text{Reduction}} Cu^0_{(s)} \qquad E^\circ = +0.34\ V \qquad \text{.......... (2)}$$

- وبجمع المعادلتين (1) ، (2) نحصل على معادلة التفاعل الكلى :

$$Cu^{2+}_{(aq)} + 2Cl^-_{(aq)} \longrightarrow Cu^0_{(s)} + Cl^0_{2(g)}$$

(Oxidation: $2Cl^- \rightarrow Cl_2$ ، Reduction: $Cu^{2+} \rightarrow Cu$)

$$emf_{cell} = E^\circ_{oxid} + E^\circ_{red}$$

$$= (-1.36) + (+0.34) = -1.02\ V$$

- والإشارة السالبة لجهد الخلية تعنى أن التفاعل الحادث **لا يتم تلقائيًا**.

للإيضاح فقط

- عند التحليل الكهربى لمصهور كلوريد الصوديوم باستخدام أقطاب خاملة كالجرافيت، فإن :
  - أيونات Cl^- تتحرك نحو الأنود حيث تتأكسد متحولة إلى غاز الكلور Cl_2

$$2Cl^-_{(l)} \xrightarrow{\text{Oxidation}} Cl_{2(g)} + 2e^-$$

  - أيونات Na^+ تتحرك نحو الكاثود حيث تختزل متحولة إلى ذرات صوديوم Na

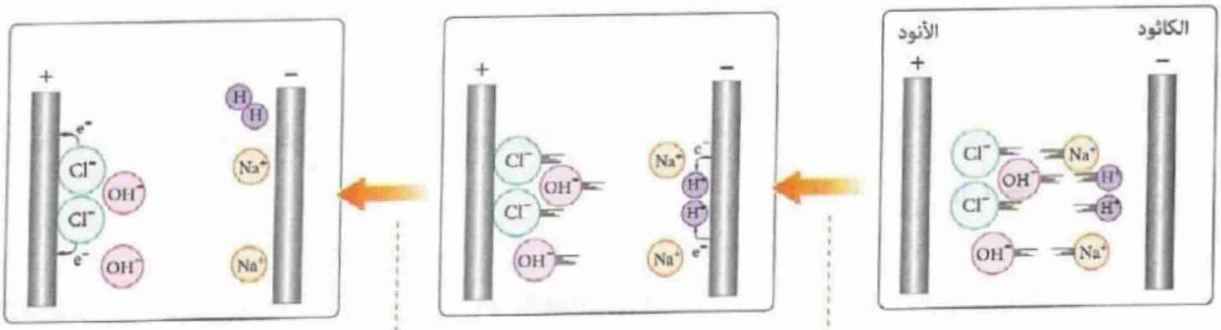
$$2Na^+_{(l)} + 2e^- \xrightarrow{\text{Reduction}} 2Na_{(s)}$$

ولعلك تتساءل ..

ما ناتج التحليل الكهربى لمحلول كلوريد الصوديوم ؟

وهل النواتج تختلف باختلاف تركيز المحلول ؟!

- التحليل الكهربى للمحلول المركز من كلوريد الصوديوم NaCl :



يحتوى الإلكتروليت على :
- أيونات Na^+ ، Cl^- من الملح.
- أيونات H^+ ، OH^- من الماء.

وتتحرك :
- أيونات Na^+ ، H^+ باتجاه الكاثود.
- أيونات Cl^- ، OH^- باتجاه الأنود.

∵ جهد اختزال H^+ > جهد اختزال Na^+

∴ تحدث عملية الاختزال لأيونات H^+

$$2H^+_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow H_{2(g)}$$

ويتصاعد غاز H_2 عند الكاثود.

∵ محلول NaCl مركز.

∴ $[OH^-] < [Cl^-]$

وبالتالى تحدث عملية الأكسدة لأيونات Cl^-

$$2Cl^-_{(aq)} \longrightarrow Cl_{2(g)} + 2e^-$$

ويتصاعد غاز Cl_2 عند الأنود.

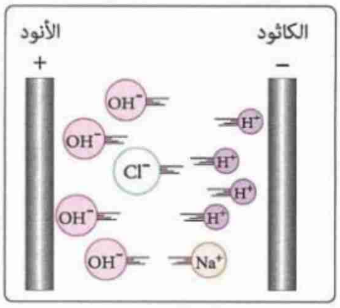
ويتبقى فى الإلكتروليت أيونات $Na^+_{(aq)}$ ، $OH^-_{(aq)}$

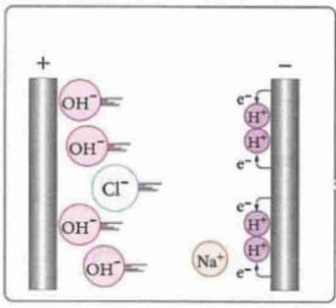
وبالتالى تزداد قيمة pH للإلكتروليت باستمرار عملية التحليل الكهربى

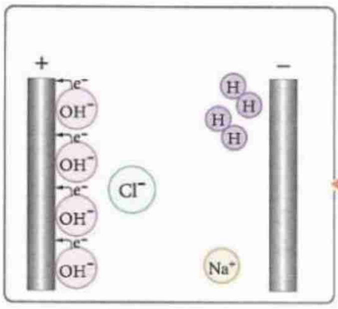
- ويعبر عن التحليل الكهربى للمحلول المركز من NaCl بالمعادلة التالية :

$$\underset{\text{(محلول مركز)}}{NaCl_{(aq)}} \longrightarrow \underset{\text{(عند الأنود)}}{Cl_{2(g)}} + \underset{\text{(عند الكاثود)}}{H_{2(g)}} + \underset{\text{(الإلكتروليت)}}{NaOH_{(aq)}}$$

التحليل الكهربى للمحلول المخفف من كلوريد الصوديوم NaCl :







يحتوى الإلكتروليت على :

- أيونات Na^+ ، Cl^- من الملح.
- أيونات H^+ ، OH^- من الماء.

ونظرًا لأن محلول NaCl مخفف يصبح تركيز أيونات Na^+ ، Cl^- أقل مما فى المحلول المركز.

∵ جهد اختزال H^+ > جهد اختزال Na^+

∴ تحدث عملية الاختزال لأيونات H^+

$$4H^+_{(aq)} + 4e^- \longrightarrow 2H_{2(g)}$$

ويتصاعد غاز H_2 عند الكاثود.

∵ محلول NaCl مخفف.

∴ $[OH^-]$ فى المحلول المخفف يكون أكبر مما فى المحلول المركز.

وبالتالى تحدث عملية الأكسدة لأيونات OH^-

$$4OH^-_{(aq)} \longrightarrow O_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} + 4e^-$$

ويتصاعد غاز O_2 عند الأنود.

ويتبقى فى الإلكتروليت أيونات $Na^+_{(aq)}$ ، $Cl^-_{(aq)}$

وبالتالى يتحول المحلول المخفف إلى محلول مركز ولا تتغير قيمة pH له

ويعبر عن التحليل الكهربى للمحلول المخفف من NaCl ، بالمعادلة التالية :

$$\underset{\text{(الإلكتروليت)}}{NaCl_{(aq)}} + \underset{\text{(عند الكاثود)}}{H_{2(g)}} + \underset{\text{(عند الأنود)}}{O_{2(g)}} \longrightarrow \underset{\text{(محلول مخفف)}}{NaCl_{(aq)}}$$

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: استنتاج نواتج التحليل الكهربى لمحاليل ومصاهير الأملاح.

1 أجريت ثلاث عمليات تحليل كهربى باستخدام أقطاب من الجرافيت لكل من :

(1) : محلول مركز من كلوريد الصوديوم.

(2) : محلول مخفف من حمض الكبريتيك.

(3) : محلول مخفف من كلوريد النحاس (II).

ما العمليات التى يتصاعد فيها غاز عند الكاثود ؟

ⓐ (1) ، (2) فقط. ⓑ (2) ، (3) فقط. ⓒ (1) ، (3) فقط. ⓓ (1) ، (2) ، (3).

فكرة الحل :

المعادلات التالية تعبر عن المحاليل الثلاثة المستخدمة :

المحلول (1)	$NaCl_{(aq)} \longrightarrow Na^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$ $H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$
المحلول (2)	$H_2SO_{4(aq)} \longrightarrow 2H^+_{(aq)} + SO^{2-}_{4(aq)}$ $H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$
المحلول (3)	$CuCl_{2(aq)} \longrightarrow Cu^{2+}_{(aq)} + 2Cl^-_{(aq)}$ $H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$

∵ جهد اختزال H^+ أكبر من جهد اختزال Na^+ ، جهد اختزال Cu^{2+} أكبر من جهد اختزال H^+

∴ عمليات الاختزال الحادثة عند التحليل الكهربى للمحلولين (1) ، (2) تتم لأيونات $H^+_{(aq)}$ وبالتالى يتصاعد غاز H_2 عند الكاثود، فى حين أن عملية الاختزال الحادثة عند التحليل الكهربى للمحلول (3) تتم لأيونات Cu^{2+} وبالتالى يتكون فلز النحاس عند الكاثود.

الحل : الاختيار الصحيح : (أ)

---

٢ أى مما يلى يُعبر عن نواتج التحليل الكهربى لأحد الإلكتروليتات التالية عند استخدام أقطاب من الجرافيت ؟

الاختيارات	الإلكتروليت	المادة المتكونة عند الأنود	المادة المتكونة عند الكاثود
(أ)	ماء محمض	الهيدروجين	الأكسجين
(ب)	مصهور NaH	الصوديوم	الأكسجين
(ج)	محلول $NaCl$	الكلور	الصوديوم
(د)	مصهور $PbCl_2$	الكلور	الرصاص

فكرة الحل :

∵ الماء المحمض يحتوى على أيونات H^+ ، OH^-

∴ تختزل أيونات H^+ عند الكاثود (القطب السالب) مكونة غاز الهيدروجين H_2

وعليه يستبعد الاختيار (أ)

∵ مصهور NaH يحتوى على أيونات Na^+ ، H^-

∴ تختزل أيونات Na^+ عند الكاثود مكونة ذرات الصوديوم Na

وعليه يستبعد الاختيار (ب)

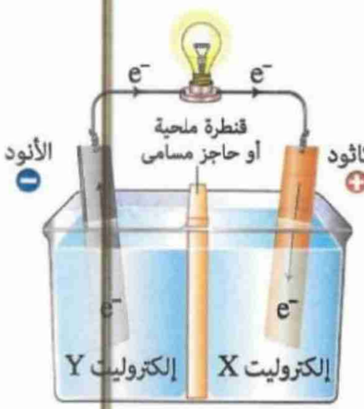
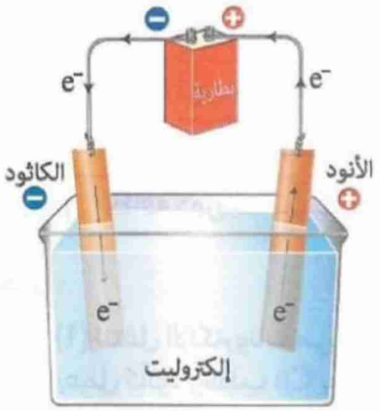
∵ محلول $NaCl$ يحتوى على أيونات Na^+ ، Cl^- ، H^+ ، OH^- ، وجهد اختزال H^+ أكبر من جهد اختزال Na^+

∴ تختزل أيونات H^+ عند الكاثود مكونة غاز الهيدروجين H_2

وعليه يستبعد الاختيار (ج)

الحل : الاختيار الصحيح : (د)

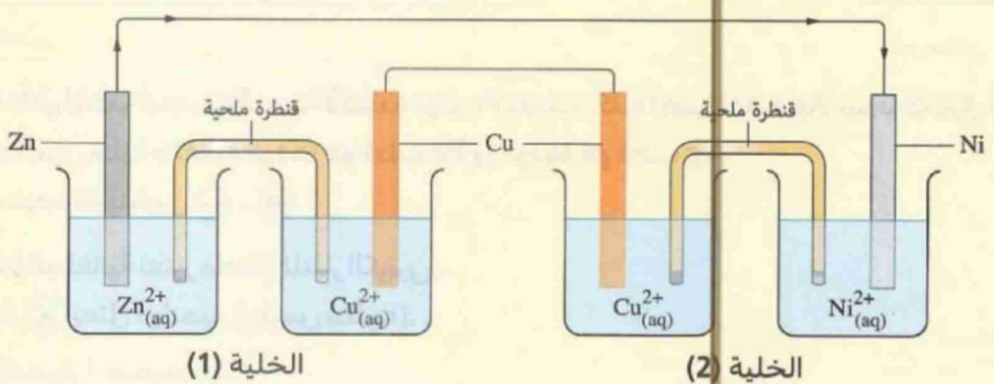
◂ مما سبق يمكن المقارنة بين الخلايا الجلفانية و الخلايا التحليلية، كالتالى :

الخلايا الجلفانية	الخلايا التحليلية
	
* تتحول فيها الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربية.	* تتحول فيها الطاقة الكهربية إلى طاقة كيميائية.
* الأنود هو القطب السالب، وتحدث عنده عملية الأكسدة.	* الأنود هو القطب الموجب، وتحدث له أو عنده عملية الأكسدة.
* الكاثود هو القطب الموجب، وتحدث له عملية الاختزال.	* الكاثود هو القطب السالب، وتحدث له أو عنده عملية الاختزال.
* قطبى الأنود والكاثود من مادتين مختلفتين.	* قطبى الأنود والكاثود قد يكونوا من نفس المادة أو من مادتين مختلفتين.
* تحتوى الخلية على إلكتروليتين مختلفين.	* تحتوى الخلية على إلكتروليت واحد.
* تتم فيها تفاعلات (أكسدة – اختزال) بشكل تلقائى.	* تتم فيها تفاعلات (أكسدة – اختزال) بشكل غير تلقائى.
* جهد الخلية (emf) يكون بإشارة موجبة.	* جهد الخلية (emf) يكون بإشارة سالبة.
* مثال : خلية دانيال.	* مثال : خلية التحليل الكهربى لمحلول $CuCl_2$

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: التمييز بين الخلايا الجلفانية والخلايا الإلكتروليتية.

1. الشكل التالى يوضح خليتين كهروكيميائيتين متصلتين معًا على التوالى :



أي مما يلي يعبر عن تحولات الطاقة الحادثة فى الخليتين (1) ، (2) ؟

الاختيارات	الخلية (1)	الخلية (2)
أ	طاقة كيميائية ← طاقة كهربية	طاقة كيميائية ← طاقة كهربية
ب	طاقة كهربية ← طاقة كيميائية	طاقة كيميائية ← طاقة كهربية
جـ	طاقة كيميائية ← طاقة كهربية	طاقة كهربية ← طاقة كيميائية
د	طاقة كهربية ← طاقة كيميائية	طاقة كهربية ← طاقة كيميائية

فكرة الحل :

∵ فى الخلية (1) تنتقل الإلكترونات من قطب Zn

∴ قطب Zn يعمل كأنود وقطب Cu يعمل ككاثود.

∵ جهد أكسدة قطب Zn > جهد أكسدة قطب Cu

∴ الخلية (1) عبارة عن خلية جلفانية تتحول فيها الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربية بشكل تلقائى.

وعليه يستبعد الاختيارين ب ، د

∵ فى الخلية (2) تنتقل الإلكترونات إلى قطب Ni

∴ قطب Ni يعمل ككاثود وقطب Cu يعمل كأنود.

∵ جهد أكسدة Cu < جهد أكسدة Ni

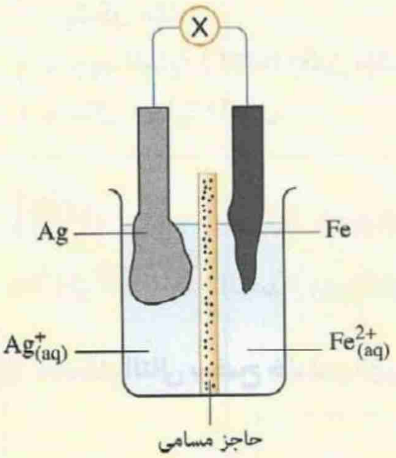
∴ الخلية (2) عبارة عن خلية تحليلية تتحول فيها الطاقة الكهربية إلى طاقة كيميائية بشكل غير تلقائى.

الحل : الاختيار الصحيح : جـ

---

٢ من الشكل المقابل :

ما نوع هذه الخلية وما اسم الجهاز X المتصل بها ؟



الاختيارات	نوع الخلية	الجهاز X
أ	خلية جلفانية	بطارية
ب	خلية تحليلية	بطارية
جـ	خلية تحليلية	ڤولتميتر
د	خلية جلفانية	ڤولتميتر

فكرة الحل :

∵ حدث تآكل لقطب الحديد Fe نتيجة لأكسدة ذرات Fe وازدادت كتلة قطب الفضة Ag نتيجة لاختزال أيونات Ag^+

∴ الخلية تمثل خلية جلفانية أنودها هو قطب Fe وكاثودها هو قطب Ag

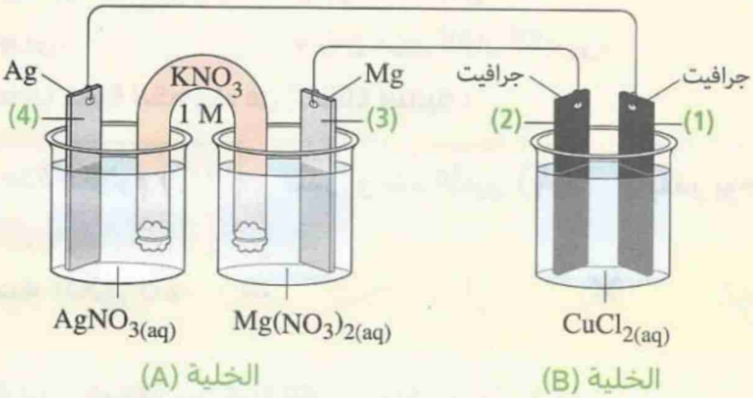
وعليه يستبعد الاختيارين ب ، جـ

∵ الخلايا الجلفانية تعتبر مصدرًا للتيار الكهربى.

∴ الجهاز X يمثل ڤولتميتر (وليس بطارية).

الحل : الاختيار الصحيح : د

٣ الشكل التالى يوضح دائرة كهربية مكونة من خليتين من الخلايا الكهروكيميائية :



أى مما يلى يُعبر عن كل من الأقطاب (1) ، (2) ، (3) ، (4) ؟

الاختيارات	القطب (1)	القطب (2)	القطب (3)	القطب (4)
أ	سالب	موجب	أنود	كاثود
ب	موجب	سالب	أنود	كاثود
ج	سالب	موجب	كاثود	أنود
د	موجب	سالب	كاثود	أنود

فكرة الحل :

∵ جهد أكسدة Mg > جهد أكسدة Ag فى الخلية الجلفانية (A).

∴ القطب (3) يمثل القطب السالب (الأنود)، القطب (4) يمثل القطب الموجب (الكاثود).

وعليه يستبعد الاختيارين ج ، د

∵ القطب (2) يتصل بالقطب (3) السالب.

∴ القطب (2) يقوم بدور القطب السالب والقطب (1) يقوم بدور القطب الموجب.

الحل : الاختيار الصحيح : ب

قانونا فاراداى للتحليل الكهربى

- **تقدر كمية الكهرباء بوحدة الكولوم (C) وهى تعتمد على :**
  - شدة التيار الكهربى.
  - زمن مرور التيار الكهربى.
- **لذا فإنه يمكن حساب كمية الكهرباء من العلاقة التالية :**

كمية الكهرباء (تقدر بوحدة الكولوم (C)) = شدة التيار (تقدر بوحدة الأمبير (A)) × الزمن (يقدر بوحدة الثانية (s))

- استنبط العالم **فاراداى** العلاقة بين كمية الكهرباء التى يتم إمرارها فى الإلكتروليت وكمية المادة التى يتم تحريرها عند القطبين.
  وقد لخص هذه العلاقة فى قانونين يحملان اسمه، هما :

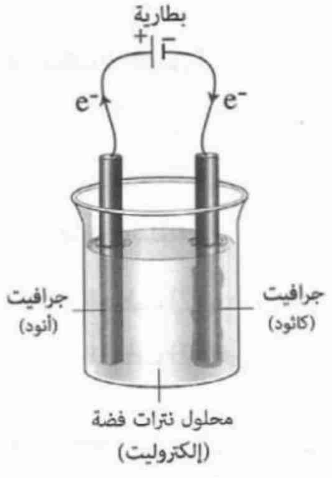


Faraday

1. **القانون الأول لفاراداى**
2. **القانون الثانى لفاراداى**

١ القانون الأول لفاراداى

ينص القانون الأول لفاراداى على أن كمية المادة المتكونة أو المستهلكة عند أى قطب سواء كانت صلبة أو غازية تتناسب تناسبًا طرديًا مع كمية الكهرباء المارة فى الإلكتروليت.



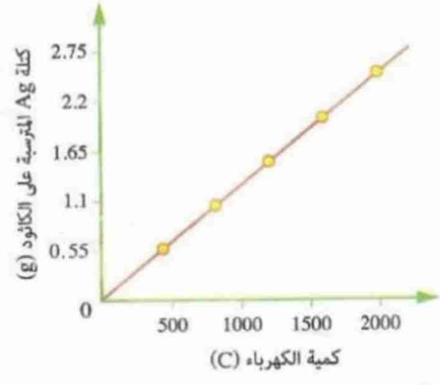
تحقيق القانون الأول لفاراداى

الخطوات

1. كوّن الخلية التحليلية الموضحة بالشكل المقابل.
2. مرر فى الإلكتروليت (محلول نترات الفضة) كميات مختلفة من الكهرباء.
3. قارن فى كل مرة بين كتلة الفضة المترسبة على الكاثود و كمية الكهرباء المارة فى محلول نترات الفضة.

الملاحظة

- **تزداد** كتلة الفضة المترسبة على الكاثود بزيادة كمية الكهرباء المارة فى محلول نترات الفضة.



الاستنتاج

- **تتناسب** كمية الفضة المترسبة على الكاثود تناسبًا **طرديًا** مع كمية الكهرباء المارة فى محلول نترات الفضة، وهو ما يحقق القانون الأول لفاراداى.

٢ القانون الثانى لفاراداى

- ينص القانون الثانى لفاراداى على أن كميات المواد المختلفة المتكونة أو المستهلكة بمرور نفس كمية الكهرباء فى عدة إلكتروليتات متصلة معًا على التوالى تتناسب مع كتلها المكافئة الجرامية.

يطلق على كتلة المادة الذائبة أو المتصاعدة أو المترسبة مصطلح الكتلة المتحررة

- ويطلق على كتلة المادة (العنصر) التى لها القدرة على فقد أو اكتساب مول واحد من الإلكترونات أثناء التفاعل الكيميائى مصطلح الكتلة المكافئة الجرامية.
- ويعبر عن القانون الثانى لفاراداى رياضيًا، **كالتالى :**

$$\frac{\text{الكتلة المتحررة من العنصر الأول}}{\text{الكتلة المكافئة الجرامية للعنصر الأول}} = \frac{\text{الكتلة المتحررة من العنصر الثانى}}{\text{الكتلة المكافئة الجرامية للعنصر الثانى}} = \frac{\text{الكتلة المتحررة من العنصر الثالث}}{\text{الكتلة المكافئة الجرامية للعنصر الثالث}}$$

- وتعين الكتلة المكافئة الجرامية للعنصر **من العلاقة التالية :**

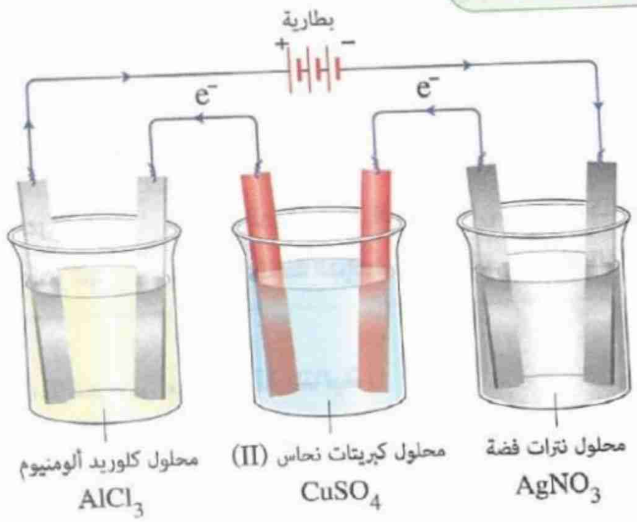
$$\text{الكتلة المكافئة الجرامية للعنصر} = \frac{\text{الكتلة الذرية الجرامية للعنصر (g/atom)}}{\text{عدد تأكسد أيون العنصر}}$$

تطبيق حساب الكتلة المكافئة الجرامية لعدة عناصر مختلفة. [Cl = 35.5 , Cu = 63.5 , Al = 27]

العنصر	حساب الكتلة المكافئة الجرامية للعنصر بدلالة: القانون	التعريف
الكلور	الكتلة المكافئة الجرامية للكلور = $\frac{\text{الكتلة الذرية الجرامية للكلور Cl}}{\text{عدد تأكسد أيون الكلوريد } Cl^-}$ = $\frac{35.5}{1} = 35.5\ g$	$2Cl^-_{(aq)} \longrightarrow Cl^0_{2(g)} + 2e^-$ (2 mol) 2 × 35.5 g ⟶ 2 mol e^- ? g ⟶ 1 mol e^- الكتلة المكافئة الجرامية للكلور = $\frac{2 \times 35.5}{2} = 35.5\ g$
النحاس	الكتلة المكافئة الجرامية للنحاس = $\frac{\text{الكتلة الذرية الجرامية للنحاس Cu}}{\text{عدد تأكسد أيون النحاس } Cu^{2+}}$ = $\frac{63.5}{2} = 31.75\ g$	$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Cu^0_{(s)}$ (1 mol) 63.5 g ⟶ 2 mol e^- ? g ⟶ 1 mol e^- الكتلة المكافئة الجرامية للنحاس (II) = $\frac{63.5}{2} = 31.75\ g$

الألومنيوم	الكتلة المكافئة الجرامية للألومنيوم = الكتلة الذرية الجرامية للألومنيوم Al / عدد تأكسد أيون الألومنيوم Al^{3+} = $9\ g = \frac{27}{3}$	$Al^{3+}_{(aq)} + 3e^- \longrightarrow Al^0_{(s)}$ (1 mol) 27 g — 3 mol e^- ? g — 1 mol e^- الكتلة المكافئة الجرامية للألومنيوم = $\frac{27}{3} = 9\ g$

تحقيق القانون الثانى لفاراداى



الخطوات

1. كوِّن الخلايا التحليلية الموضحة بالشكل والمتصلة معًا على التوالى.
2. مرر نفس كمية الكهرباء فى إلكتروليت كل من الخلايا الثلاثة.
3. قارن بين كتل المواد (العناصر) المترسبة على كاثود كل خلية والكتلة المكافئة الجرامية لكل منها.

الملاحظة

كتلة الفضة المترسبة على كاثود خلية نترات الفضة > كتلة النحاس المترسبة على كاثود خلية كبريتات النحاس (II) > كتلة الألومنيوم المترسبة على كاثود خلية كلوريد الألومنيوم

- **وذلك تبعًا للكتل المكافئة الجرامية لها :**

$$Ag = \frac{107.88}{1} = 107.88\ g \qquad Cu = \frac{63.5}{2} = 31.75\ g \qquad Al = \frac{27}{3} = 9\ g$$

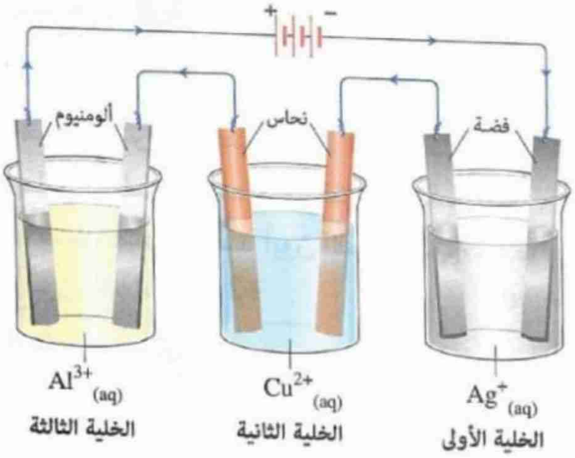
- **أى بنسبة :** 107.88 : 31.75 : 9

الاستنتاج

- **تتناسب** كتل المواد (العناصر) المترسبة عند مرور نفس كمية الكهرباء فى إلكتروليتات الخلايا المتصلة معًا على التوالى مع الكتلة المكافئة الجرامية لكل عنصر منها، وهو **ما يحقق القانون الثانى لفاراداى.**

تطبيق على القانون الثانى لفاراداى.

عند إمرار 3 mol من الإلكترونات فى الخلايا التحليلية الثلاث المتصلة معًا على التوالى والموضحة بالشكل المقابل فإن كمية المادة (العنصر) المترسبة عند كاثود كل خلية، **تكون كما يلى :**



فى الخلية الأولى	فى الخلية الثانية	فى الخلية الثالثة
$Ag^{+}_{(aq)} + e^{-} \xrightarrow{Red} Ag^{0}_{(s)}$	$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^{-} \xrightarrow{Red} Cu^{0}_{(s)}$	$Al^{3+}_{(aq)} + 3e^{-} \xrightarrow{Red} Al^{0}_{(s)}$
$1\ mol\ e^{-} \xrightarrow{\text{يُرسب}} 1\ mol\ Ag$ $3\ mol\ e^{-} \longrightarrow ?\ mol\ Ag$ كمية الفضة المترسبة $= \frac{3 \times 1}{1}$ $= 3\ mol$	$2\ mol\ e^{-} \xrightarrow{\text{يُرسب}} 1\ mol\ Cu$ $3\ mol\ e^{-} \longrightarrow ?\ mol\ Cu$ كمية النحاس المترسبة $= \frac{3 \times 1}{2}$ $= 1.5\ mol$	$3\ mol\ e^{-} \xrightarrow{\text{يُرسب}} 1\ mol\ Al$ كمية الألومنيوم المترسبة $= 1\ mol$

مثال ١

أُمرت كمية من الكهرباء فى محلولين متصلين معًا على التوالى، يحتوى المحلول الأول على أيونات الذهب (III) Au^{3+} والثانى على أيونات النحاس (II) Cu^{2+}، فترسب على كاثود الخلية الأولى 9.38 g من الذهب،

احسب كتلة النحاس المترسبة على كاثود الخلية الثانية.

[Au = 197 , Cu = 63.5]

الحل

الكتلة المكافئة الجرامية للعنصر $=$ الكتلة الذرية الجرامية للعنصر ÷ عدد تأكسد أيون العنصر

الكتلة المكافئة الجرامية للذهب $= \frac{197}{3} = 65.67\ g$

الكتلة المكافئة الجرامية للنحاس $= \frac{63.5}{2} = 31.75\ g$

∵ (كتلة النحاس المترسبة ÷ الكتلة المكافئة الجرامية للنحاس) $=$ (كتلة الذهب المترسبة ÷ الكتلة المكافئة الجرامية للذهب)

∴ كتلة النحاس المترسبة $=$ (كتلة الذهب المترسبة × الكتلة المكافئة الجرامية للنحاس) ÷ الكتلة المكافئة الجرامية للذهب

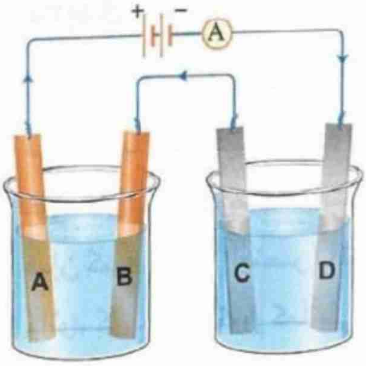
$= \frac{31.75 \times 9.38}{65.67} = 4.535\ g$

مثال ٢

في الدائرة الكهربية الموضحة بالشكل المقابل : ترسب 12.7 g من النحاس Cu على القطب B وترسب 14 g من السيريوم Ce على القطب D بعد مرور فترة زمنية معينة،

احسب عدد تأكسد أيون السيريوم، علمًا بأن عدد تأكسد أيون النحاس هو +2

[Cu = 63.5 , Ce = 140]



الحل

الكتلة المكافئة الجرامية للنحاس = $\frac{\text{الكتلة الذرية الجرامية للنحاس}}{\text{عدد تأكسد أيون النحاس } Cu^{2+}} = \frac{63.5}{2} = 31.75\ g$

$\because$ $\frac{\text{كتلة النحاس المترسبة}}{\text{الكتلة المكافئة الجرامية للنحاس}} = \frac{\text{كتلة السيريوم المترسبة}}{\text{الكتلة المكافئة الجرامية للسيريوم}}$

$\therefore$ الكتلة المكافئة الجرامية للسيريوم = $\frac{\text{كتلة السيريوم المترسبة} \times \text{الكتلة المكافئة الجرامية للنحاس}}{\text{كتلة النحاس المترسبة}}$

$= \frac{31.75 \times 14}{12.7} = 35\ g$

$\therefore$ عدد تأكسد أيون السيريوم = $\frac{\text{الكتلة الذرية الجرامية للسيريوم}}{\text{الكتلة المكافئة الجرامية للسيريوم}} = \frac{140}{35} = +4$

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: تحقيق قانوني فاراداي عمليًا.

كمية الكهرباء التي تؤدي إلى تصاعد 0.5 g من غاز الهيدروجين، تؤدي في نفس الوقت إلى ترسيب كتلة من النحاس في محلول $CuSO_4$ مقدارها ....

[H = 1 , Cu = 63.5]

ⓐ 12.7 g ⓑ 15.9 g ⓒ 31.8 g ⓓ 63.5 g

فكرة الحل :

الكتلة المكافئة الجرامية للعنصر = $\frac{\text{الكتلة الذرية الجرامية للعنصر}}{\text{عدد تأكسد أيون العنصر}}$

الكتلة المكافئة الجرامية للهيدروجين = $\frac{1}{1} = 1\ g$

الكتلة المكافئة الجرامية للنحاس = $\frac{63.5}{2} = 31.75\ g$

$\frac{\text{كتلة الهيدروجين المتصاعدة}}{\text{الكتلة المكافئة الجرامية للهيدروجين}} = \frac{\text{كتلة النحاس المترسبة}}{\text{الكتلة المكافئة الجرامية للنحاس}}$

كتلة النحاس المترسبة = $\frac{31.75 \times 0.5}{1} = 15.875\ g \simeq 15.9\ g$

الحل : الاختيار الصحيح : ⓑ

الفـارادای

◂ يستنتج من :

- القانون الأول لفاراداى أن كتلة المادة (العنصر) المتحررة (g) ∝ كمية الكهرباء (C)
- القانون الثانى لفاراداى أن كتلة المادة (العنصر) المتحررة (g) ∝ الكتلة المكافئة الجرامية (g)

∴ كمية الكهرباء (C) × الكتلة المكافئة الجرامية (g) ∝ **كتلة العنصر المتحررة (g)**

كمية الكهرباء (C) × الكتلة المكافئة الجرامية (g) = مقدار ثابت × **كتلة العنصر المتحررة (g)**

◂ ولا تتوقف قيمة هذا المقدار الثابت على نوع العنصر المتحرر ولا على كمية الكهرباء المارة فى المحلول.

∴ **كتلة العنصر المتحررة (g)** = $\frac{\text{كمية الكهرباء (C) × الكتلة المكافئة الجرامية (g)}}{\text{المقدار الثابت}}$ ....①

◂ ومنها : $\frac{\text{كتلة العنصر المتحررة (g)}}{\text{الكتلة المكافئة الجرامية للعنصر (g)}} = \frac{\text{كمية الكهرباء (C)}}{\text{المقدار الثابت}}$ ....②

◂ فإذا كانت كتلة العنصر المتحررة = الكتلة المكافئة الجرامية للعنصر (g)

فإن قيمة المقدار الثابت = كمية الكهرباء المستخدمة (C)

◂ وقد أطلق على هذا المقدار الثابت الذى يحرر كتلة مكافئة جرامية من أى عنصر اسم الفاراداى (F) تكريمًا للعالم فاراداى.

◂ الفاراداى هو كمية الكهرباء اللازمة لتحرير (ذوبان أو تصاعد أو ترسيب) الكتلة المكافئة الجرامية لأى عنصر.

مثـال ①

احسب كمية الكهرباء مقدرة بوحدة الفاراداى اللازمة لترسيب 21.6 g من الفضة من محلول نترات الفضة [Ag = 108]

علمًا بأن تفاعل الكاثود : $Ag^{+}_{(aq)} + e^{-} \longrightarrow Ag^{0}_{(s)}$

الحـــل

الكتلة المكافئة الجرامية للفضة = $\frac{\text{الكتلة الذرية الجرامية للفضة}}{\text{عدد تأكسد أيون الفضة } Ag^{+}}$

$= \frac{108}{1} = 108\ g$

∵ يلزم لترسيب كتلة مكافئة جرامية من أى عنصر كمية كهرباء مقدارها 1 F

$108\ g \xrightarrow{\text{يلزم لترسيبها}} 1\ F$

$21.6\ g \longrightarrow ?\ F$

∴ كمية الكهرباء = $\frac{21.6}{108} = 0.2\ F$

مثال ٢

عند إمرار كمية من الكهرباء مقدارها 0.5 F فى محلول إلكتروليتى ترسب 4.5 g من الفلز M
احسب الكتلة المكافئة الجرامية لهذا العنصر.

الحل

∵ الكتلة المكافئة الجرامية للعنصر M $\xrightarrow{\text{يلزم لترسيبها}}$ 1 F

4.5 g من العنصر M ⟵ 0.5 F

∴ الكتلة المكافئة الجرامية للعنصر M = $\frac{4.5}{0.5} = 9\ g$

مثال ٣

عند إجراء عملية تحليل كهربى لمحلول كلوريد النحاس (II) $CuCl_2$ لوحظ تكون مادة كتلتها 3.2 g عند الأنود،
فما عدد مولات المادة المتكونة عند الكاثود ؟
[Cu = 63.5 , Cl = 35.5]

الحل

* المادة المتكونة عند الأنود : غاز الكلور Cl_2

$$2Cl^-_{(aq)} \longrightarrow Cl^0_{2(g)} + 2e^-$$

* المادة المتكونة عند الكاثود : ذرات النحاس.

$$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Cu^0_{(s)}$$

الكتلة المكافئة الجرامية للكلور = $\frac{35.5}{1} = 35.5\ g$

الكتلة المكافئة الجرامية للنحاس = $\frac{63.5}{2} = 31.75\ g$

∵ $\frac{\text{كتلة النحاس المتكونة}}{\text{الكتلة المكافئة الجرامية للنحاس}} = \frac{\text{كتلة الكلور المتكونة}}{\text{الكتلة المكافئة الجرامية للكلور}}$

∴ كتلة النحاس المتكونة عند الكاثود = $\frac{\text{كتلة الكلور المتكونة} \times \text{الكتلة المكافئة الجرامية للنحاس}}{\text{الكتلة المكافئة الجرامية للكلور}}$

$$= \frac{31.75 \times 3.2}{35.5} = 2.86\ g$$

عدد مولات النحاس المتكونة = $\frac{\text{الكتلة المتكونة}}{\text{الكتلة المولية}} = \frac{2.86}{63.5} = 0.045\ mol$

حل آخر

$$2Cl^-_{(aq)} \longrightarrow Cl^0_{2(g)} + 2e^-$$

1 mol		2 F
(2 × 35.5) g	⟵ تنتج	2 F
3.2 g	⟵	? F

∴ كمية الكهرباء (F) = $\frac{2 \times 3.2}{2 \times 35.5} = 0.09\ F$

$$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Cu^0_{(s)}$$

$$2\ F \xrightarrow{\text{تنتج}} 1\ mol$$

$$0.09\ F \longrightarrow ?\ mol$$

∴ عدد مولات النحاس المتكونة = $\frac{0.09}{2}$ = **0.045 mol**

العلاقة بين الفاراداى و الكولوم (القانون العام للتحليل الكهربى)

- **وُجد بالتجربة العملية إنه** عند إمرار كمية من الكهرباء مقدارها كولوم واحد (1 C) فى محلول يحتوى على أيونات الفضة (مثل محلول $AgNO_3$)، فإنه يترسب عند الكاثود 1.118 mg (0.001118 g) من الفضة Ag

- الكولوم هو كمية الكهرباء اللازمة لترسيب 1.118 mg من الفضة.

- **وبالتالى يمكن إيجاد العلاقة بين الفاراداى والكولوم كالتالى :**

الكتلة المكافئة الجرامية للفضة = 107.88 g

∵ كولوم واحد (1 C) $\xrightarrow{\text{يُرسب}}$ 0.001118 g من الفضة

? C $\xrightarrow{\text{يُرسب}}$ 107.88 g من الفضة

كمية الكهرباء بالكولوم اللازمة لترسيب كتلة مكافئة جرامية من الفضة = $\frac{107.88}{0.001118} \simeq 96500\ C$

∵ كمية الكهرباء بالفاراداى اللازمة لترسيب كتلة مكافئة جرامية من الفضة = فاراداى واحد (1 F).

$$\therefore 1\ F = 96500\ C$$

- وينص القانون العام للتحليل الكهربى على أنه عند مرور كمية من الكهرباء مقدارها **1 F (96500 C)** فى إلكتروليت، فإن ذلك يؤدى إلى تحرير (ذوبان أو تصاعد أو ترسيب) كتلة مكافئة جرامية من المادة (العنصر) عند أحد الأقطاب.

- **وبالرجوع إلى قانون حساب الكتلة المكافئة الجرامية يمكن حساب كمية الكهرباء اللازمة لتحرير كتلة ذرية جرامية (mol = g/atom) من العناصر المختلفة، كالتالى :**

الكتلة المكافئة الجرامية للعنصر = $\frac{\text{الكتلة الذرية الجرامية للعنصر (g/atom)}}{\text{عدد تأكسد أيون العنصر}}$

- **ومنها :**

الكتلة الذرية الجرامية للعنصر = الكتلة المكافئة الجرامية للعنصر × عدد تأكسد أيون العنصر

- الكتلة الذرية الجرامية للعنصر ← (g/atom)
- الكتلة المكافئة الجرامية للعنصر ← يلزم لتحريرها (96500 C) = (1 F)
- عدد تأكسد أيون العنصر ← يساوى أيضًا عدد مولات الإلكترونات المفقودة أو المكتسبة

∴ **كمية الكهرباء اللازمة لتحرير (g/atom) من العنصر = 1 F (96500 C) × عدد تأكسد أيون العنصر**

تطبيق ١ حساب كميات الكهرباء اللازمة لتحرير كتلة ذرية جرامية (g/atom) من بعض العناصر.

$Ag^{+}_{(aq)} + e^{-} \longrightarrow Ag^{0}_{(s)}$

كمية الكهرباء اللازمة لترسيب (g/atom) من الفضة

$96500\ C = 1\ F = 1 \times 1\ F =$

$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^{-} \longrightarrow Cu^{0}_{(s)}$

كمية الكهرباء اللازمة لترسيب (g/atom) من النحاس

$2 \times 96500\ C = 2\ F = 2 \times 1\ F =$

$Al^{3+}_{(aq)} + 3e^{-} \longrightarrow Al^{0}_{(s)}$

كمية الكهرباء اللازمة لترسيب (g/atom) من الألومنيوم

$3 \times 96500\ C = 3\ F = 3 \times 1\ F =$

تطبيق ٢ حساب كميات الكهرباء اللازمة لتحرير مول من بعض الغازات.

$2H^{+}_{(aq)} + 2e^{-} \longrightarrow H_{2(g)}$

كمية الكهرباء اللازمة لتصاعد (mol) من غاز الهيدروچين

$2 \times 96500\ C = 2\ F = 2 \times 1\ F =$

$2O^{2-}_{(aq)} \longrightarrow O_{2(g)} + 4e^{-}$

كمية الكهرباء اللازمة لتصاعد (mol) من غاز الأكسچين

$4 \times 96500\ C = 4\ F = 4 \times 1\ F =$



◂ يمكن استنتاج معادلة حساب كتلة المادة المتحررة عند أحد القطبين من القانون :

$$\text{كتلة المادة المتحررة (g)} = \frac{\text{كمية الكهرباء} \times \text{الكتلة المكافئة الجرامية للعنصر (g)}}{\text{مقدار ثابت}}$$

وذلك باستبدال المقدار الثابت بـ

1 F

إذا كانت كمية الكهرباء المارة مقدرة بوحدة الفاراداى

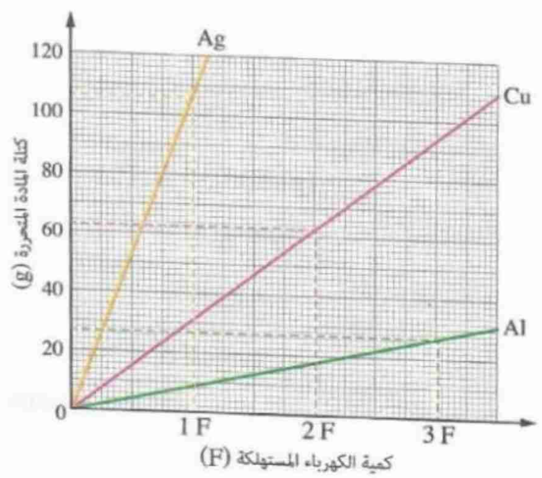
$$\text{كتلة المادة المتحررة (g)} = \frac{\text{كمية الكهرباء (F)} \times \text{الكتلة المكافئة الجرامية للعنصر (g)}}{1\ F}$$

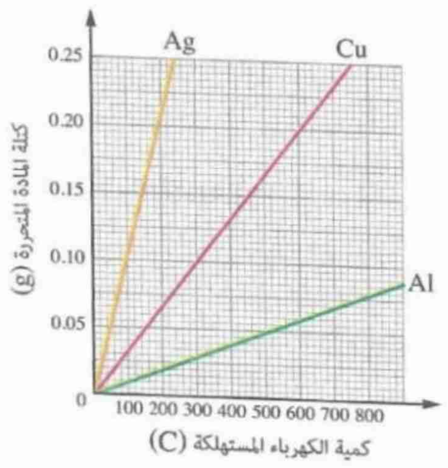
96500 C

إذا كانت كمية الكهرباء المارة مقدرة بوحدة الكولوم

$$\text{كتلة المادة المتحررة (g)} = \frac{\text{كمية الكهرباء (C)} \times \text{الكتلة المكافئة الجرامية للعنصر (g)}}{96500\ C}$$

يعبر عنها بالشكل البيانى





ملخص القوانين المستخدمة في حل مسائل التحليل الكهربي

١ كمية الكهرباء (C) = شدة التيار (A) × الزمن (s)

٢ الكتلة المكافئة الجرامية للعنصر (g) = $\frac{\text{الكتلة الذرية الجرامية للعنصر (g/atom)}}{\text{عدد تأكسد أيون العنصر}}$

٣ $\frac{\text{كتلة العنصر الأول المتحررة}}{\text{الكتلة المكافئة الجرامية للعنصر الأول}} = \frac{\text{كتلة العنصر الثانى المتحررة}}{\text{الكتلة المكافئة الجرامية للعنصر الثانى}}$

٤ العلاقة بين كتلة المادة المتحررة و كمية الكهرباء اللازمة لتحريرها :

كتلة المادة المراد تحريرها	كمية الكهرباء اللازمة لتحريرها
كتلة مكافئة جرامية	1 F = 96500 C
1 mol	1 F × عدد مولات الإلكترونات المفقودة أو المكتسبة
x mol	1 F × عدد المولات (x) × عدد مولات الإلكترونات

٥ كتلة المادة المتحررة (g) = $\frac{\text{كمية الكهرباء (F)} \times \text{الكتلة المكافئة الجرامية (g)}}{\text{1 F}}$

٦ كتلة المادة المتحررة (g) = $\frac{\text{كمية الكهرباء (C)} \times \text{الكتلة المكافئة الجرامية (g)}}{\text{96500 C}}$

مثال ❶

احسب كتلة كل من الذهب و الكلور الناتجين من إمرار كمية من الكهرباء مقدارها 10000 C في محلول مائي من كلوريد الذهب (III)، علمًا بأن تفاعلات القطبين، هما :

$$2Cl^-_{(aq)} \longrightarrow Cl^0_{2(g)} + 2e^- \quad , \quad Au^{3+}_{(aq)} + 3e^- \longrightarrow Au^0_{(s)}$$

[Au = 196.98 , Cl = 35.5]

الحل

الكتلة المكافئة الجرامية للعنصر = $\frac{\text{الكتلة الذرية الجرامية للعنصر}}{\text{عدد تأكسد أيون العنصر}}$

الكتلة المكافئة الجرامية للذهب = $\frac{196.98}{3}$

= 65.66 g

الكتلة المكافئة الجرامية للكلور = $\frac{35.5}{1}$

= 35.5 g

الكتلة المتحررة (الناتجة) (g) = $\frac{\text{الكتلة المكافئة الجرامية (g)} \times \text{كمية الكهرباء (C)}}{96500\ C}$

كتلة الذهب الناتجة = $\frac{10000 \times 65.66}{96500}$

= **6.8 g**

كتلة الكلور الناتجة = $\frac{10000 \times 35.5}{96500}$

= **3.68 g**

حل آخر

$$Au^{3+}_{(aq)} + 3e^- \longrightarrow Au^0_{(s)}$$

3 F ..... 1 mol

$3 \times 96500\ C \xrightarrow{\text{تُنتج}} 196.98\ g$

$10000\ C \longrightarrow ?\ g$

كتلة الذهب الناتجة = $\frac{196.98 \times 10000}{3 \times 96500}$

= **6.8 g**

$$2Cl^-_{(aq)} \longrightarrow Cl^0_{2(g)} + 2e^-$$

1 mol ..... 2 F

$(2 \times 35.5)\ g \xleftarrow{\text{تُنتج}} 2 \times 96500\ C$

$?\ g \longleftarrow 10000\ C$

كتلة الكلور الناتجة = $\frac{2 \times 35.5 \times 10000}{2 \times 96500}$

= **3.68 g**

مثال ٢

احسب كمية الكهرباء (C) اللازمة لتحرر 5.6 g حديد من محلول كلوريد الحديد (III)،

علمًا بأن تفاعل الكاثود : $Fe^{3+}_{(aq)} + 3e^{-} \longrightarrow Fe^{0}_{(s)}$ [Fe = 55.86]

الحل

الكتلة المكافئة الجرامية للحديد (g) = $\frac{\text{الكتلة الذرية الجرامية للحديد}}{\text{عدد تأكسد أيون الحديد (III)}} = \frac{55.86}{3} = 18.62\ g$

كتلة الحديد المتحررة (g) = $\frac{\text{الكتلة المكافئة الجرامية للحديد (g)} \times \text{كمية الكهرباء (C)}}{96500\ C}$

∴ كمية الكهرباء (C) = $\frac{96500 \times 5.6}{18.62} = 29022.56\ C$

حل آخر

$$Fe^{3+}_{(aq)} + 3e^{-} \longrightarrow Fe^{0}_{(s)}$$

3 F ← → 1 mol

$3 \times 96500\ C \xrightarrow{\text{تحرر}} 55.86\ g$

$?\ C \longrightarrow 5.6\ g$

∴ كمية الكهرباء (C) = $\frac{3 \times 96500 \times 5.6}{55.86} = 29022.56\ C$

مثال ٣

احسب الزمن (s) اللازم لترسيب 2.16 g من الفضة عند إمرار تيار كهربى شدته 32 A فى محلول مائى من نترات الفضة، [Ag = 108]

علمًا بأن تفاعل الكاثود : $Ag^{+}_{(aq)} + e^{-} \longrightarrow Ag^{0}_{(s)}$

الحل

الكتلة المكافئة الجرامية للفضة (g) = $\frac{\text{الكتلة الذرية الجرامية للفضة}}{\text{عدد تأكسد أيون الفضة } Ag^{+}} = \frac{108}{1} = 108\ g$

كتلة الفضة المترسبة (g) = $\frac{\text{الكتلة المكافئة الجرامية (g)} \times \text{كمية الكهرباء (C)}}{96500\ (C)}$

∴ كمية الكهرباء (C) = $\frac{96500 \times 2.16}{108} = 1930\ C$

∵ كمية الكهرباء (C) = شدة التيار (A) × الزمن (s)

∴ الزمن (s) = $\frac{\text{كمية الكهرباء (C)}}{\text{شدة التيار (A)}} = \frac{1930}{32} = 60.3\ s$

مثال ٤

أُمّر تيار شدته 7 A فى محلول مائى من النترات لفترة زمنية قدرها 4 min، فازدادت كتلة الكاثود بمقدار 1.88 g
احسب الكتلة المكافئة الجرامية للكاتيون الموجود فى المحلول المائى.

الحل

كمية الكهرباء (C) = شدة التيار (A) × الزمن (s)

$= 7 \times 4 \times 60 = 1680\ C$

$$\text{الكتلة المترسبة (g)} = \frac{\text{الكتلة المكافئة الجرامية (g)} \times \text{كمية الكهرباء (C)}}{96500\ (C)}$$

$$\therefore \text{الكتلة المكافئة الجرامية (g)} = \frac{96500 \times 1.88}{1680} \simeq 108\ g$$

مثال ٥

احسب عدد مولات الألومنيوم الناتجة من التحليل الكهربى لمصهور أكسيد الألومنيوم Al_2O_3 عند مرور تيار كهربى فيه شدته 9.65 A لمدة 5 min

[Al = 27]

علمًا بأن تفاعل الكاثود : $Al^{3+} + 3e^- \longrightarrow Al^0$

الحل

كمية الكهرباء (C) = شدة التيار (A) × الزمن (s) $= 9.65 \times 5 \times 60 = 2895\ C$

$$\text{الكتلة المكافئة الجرامية للألومنيوم (g)} = \frac{\text{الكتلة الذرية الجرامية للألومنيوم}}{\text{عدد تأكسد أيون الألومنيوم } Al^{3+}} = \frac{27}{3} = 9\ g$$

$$\text{كتلة الألومنيوم الناتجة (g)} = \frac{\text{الكتلة المكافئة الجرامية (g)} \times \text{كمية الكهرباء (C)}}{96500\ (C)}$$

$$= \frac{2895 \times 9}{96500} = 0.27\ g$$

$$\therefore \text{عدد مولات الألومنيوم الناتجة (mol)} = \frac{\text{كتلة الألومنيوم الناتجة}}{\text{الكتلة الذرية الجرامية للألومنيوم}} = \frac{0.27}{27} = 0.01\ mol$$

حل آخر

كمية الكهرباء (C) $= 9.65 \times 5 \times 60 = 2895\ C$

$$Al^{3+} \quad + \quad 3e^- \quad \longrightarrow \quad Al^0$$

$$3 \times 96500\ C \xrightarrow{\text{تنتج}} 1\ mol$$

$$2895\ C \longrightarrow ?\ mol$$

$$\therefore \text{عدد مولات الألومنيوم الناتجة (mol)} = \frac{2895}{3 \times 96500} = 0.01\ mol$$

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: حساب كمية المادة المترسبة باستخدام قانونى فاراداى.

1 ما كمية الكهرباء اللازمة لترسيب 54 g من الفضة [Ag = 108] من محلول نترات الفضة ؟

(أ) 0.5 A (ب) 0.5 C (ج) 0.5 F (د) 1 A

فكرة الحل :

∵ كمية الكهرباء تقدر بوحدة الكولوم C أو الفاراداى F (وليس بوحدة الأمبير A).

∴ يستبعد الاختيارين (أ) ، (د)

∵ يلزم لترسيب كتلة مكافئة جرامية من أى عنصر كمية كهرباء مقدارها 1 F

108 g —يلزم لترسيبها→ 1 F

54 g ——→ ? F

∴ كمية الكهرباء اللازمة $= \frac{54}{108} = 0.5\ F$

الحل : الاختيار الصحيح : (ج)

---

2 أمرّت كمية من الكهرباء مقدارها 1 F فى ثلاثة إلكتروليتات متصلة على التوالى تحتوى على أيونات Ag^+ ، Ni^{2+} ، Cr^{3+} فترسب 108 g من الفضة.

ما كتلتى فلزى النيكل و الكروم المترسبين ؟

العنصر	كتلته الذرية الجرامية
Ag	108 g/atom
Ni	59 g/atom
Cr	52 g/atom

الاختيارات	كتلة النيكل	كتلة الكروم
(أ)	29.5 g	17.33 g
(ب)	59 g	52 g
(ج)	108 g	108 g
(د)	118 g	156 g

فكرة الحل :

$$\text{الكتلة المكافئة الجرامية للعنصر} = \frac{\text{الكتلة الذرية الجرامية للعنصر}}{\text{عدد تأكسد أيون العنصر}}$$

العنصر	Ag	Ni	Cr
الكتلة المكافئة الجرامية للعنصر	$\frac{108}{1} = 108\ g$	$\frac{59}{2} = 29.5\ g$	$\frac{52}{3} = 17.33\ g$

∵ كمية الكهرباء = 1 F

∴ تم ترسيب الكتلة المكافئة الجرامية من كل عنصر.

الحل : الاختيار الصحيح : (أ)

٣ ما الزمن اللازم لانحلال 36 g من الماء المحمض كهربيًا باستخدام تيار شدته 3 A ؟ $[H_2O = 18\ g/mol]$

(أ) 35.74 h (ب) 18.1 h (ج) 9 h (د) 4.5 h

فكرة الحل :

عدد مولات $H_2O = \frac{36}{18} = 2\ mol$

- $2H_2O_{(l)} \longrightarrow 2H_{2(g)} + O_{2(g)}$
  2 mol   2 mol
- $4H^+_{(aq)} + 4e^- \longrightarrow 2H_{2(g)}$
  4 F   2 mol

∵ كمية الكهرباء اللازمة لإنتاج 2 mol من H_2 = نفس كمية الكهرباء اللازمة لتحليل 2 mol من الماء = 4 F

∴ كمية الكهرباء (C) = $4 \times 96500 = 386000\ C$

∵ الزمن (s) = $\frac{\text{كمية الكهرباء (C)}}{\text{شدة التيار (A)}} = \frac{386000}{3} = 128666.7\ s$

∴ الزمن (h) = $\frac{128666.7}{60 \times 60} = 35.74\ h$

الحل : الاختيار الصحيح : (أ)

---

٤ ما كمية الكهرباء اللازمة لتصعيد 355 g من غاز Cl_2 بالتحليل الكهربي لمصهور NaCl ؟ $[Cl = 35.5]$

(أ) $9.25 \times 10^4\ C$ (ب) $9.65 \times 10^5\ C$ (ج) $9.65 \times 10^4\ C$ (د) $4.83 \times 10^5\ C$

فكرة الحل :

$2Cl^-_{(l)} \longrightarrow Cl_{2(g)} + 2e^-$

1 mol —(يلزم لتصعيده كمية كهرباء)→ 2F

$35.5 \times 2\ g$ → $2 \times 96500\ C$

355 g → ? C

كمية الكهرباء = $\frac{355 \times 2 \times 96500}{35.5 \times 2} = 965000\ C$

الحل : الاختيار الصحيح : (ب)

---

٥ ما كمية الكهرباء بالفاراداى اللازمة لترسيب (g/atom) من الماغنسيوم من مصهور $MgCl_2$ ؟

(أ) 1 F (ب) 2 F (ج) 3 F (د) 4 F

فكرة الحل :

$Mg^{2+}_{(l)} + 2e^- \longrightarrow Mg_{(s)}$

كمية الكهرباء اللازمة لترسيب كتلة ذرية جرامية (g/atom) من الماغنسيوم = $2 \times 1\ F = 2\ F$

الحل : الاختيار الصحيح : (ب)

٦ ما عدد الكتل المكافئة الجرامية من النحاس التي يمكن ترسيبها عند كاثود خلية التحليل الكهربي لمحلول $CuSO_4$ بعد مرور كمية من الكهرباء فيها مقدارها 2.5 F ؟

Ⓐ 1 ⓑ 2

ⓒ 2.5 ⓓ 1.25

فكرة الحل :

الكتلة المكافئة الجرامية من النحاس ← (يلزم لترسيبها) 1 F

(X) كتلة مكافئة جرامية من النحاس ← (يلزم لترسيبها) 2.5 F

عدد الكتل المكافئة الجرامية من النحاس $(X) = \frac{2.5 \times 1}{1} = 2.5$

الحل : الاختيار الصحيح : ⓒ

---

٧ عند مرور تيار كهربي شدته 9.65 A لمدة 10 min في إلكتروليت، ترسب 3 g من عنصر فلزي أحادي التكافؤ. ما الكتلة الذرية الجرامية لهذا العنصر ؟

Ⓐ 150 g/atom ⓑ 100 g/atom

ⓒ 50 g/atom ⓓ 5 g/atom

فكرة الحل :

كمية الكهرباء (C) = شدة التيار (A) × الزمن (s)

$= 9.65 \times 10 \times 60 = 5790\ C$

كتلة المادة المترسبة (g) = $\frac{\text{كمية الكهرباء (C)} \times \text{الكتلة المكافئة الجرامية (g)}}{96500\ (C)}$

الكتلة المكافئة الجرامية للعنصر = $\frac{3 \times 96500}{5790} = 50\ g$

الكتلة المكافئة الجرامية للعنصر = $\frac{\text{الكتلة الذرية الجرامية للعنصر}}{\text{عدد تأكسد أيون العنصر}}$

الكتلة الذرية الجرامية للعنصر = $50 \times 1 = 50$ g/atom

الحل : الاختيار الصحيح : ⓒ

٨ ما حجم غاز الأكسجين الذى يمكن إنتاجه من الماء المحمض باستخدام كمية من الكهربية مقدارها 96500 C (at STP) ؟

Ⓐ 6.5 L　　Ⓑ 5.6 L

Ⓒ 11.2 L　　Ⓓ 22.4 L

فكرة الحل :

$$2O^{2-}_{(aq)} \longrightarrow O_{2(g)} + 4e^-$$

1 mol　　4 F

يتضح من المعادلة السابقة أنه يلزم لإنتاج 1 mol (22.4 L) من غاز الأكسجين كمية من الكهرباء مقدارها 4 F

$$22.4\ L \xrightarrow{\text{يلزم لإنتاجه}} 4 \times 96500\ C$$

? L　　96500 C

$$\text{حجم غاز الأكسجين الناتج (L)} = \frac{22.4 \times 96500}{4 \times 96500} = 5.6\ L$$

الحل : الاختيار الصحيح : (ب)

---

٩ تبعًا للمعادلة : $2H_2O_{(l)} \longrightarrow 2H_{2(g)} + O_{2(g)}$

ما حجم غاز H_2 الناتج (at STP) من التحليل الكهربى للماء المحمض عند مرور تيار كهربى شدته 4 A لمدة 30 min فيه ؟

Ⓐ 0.0836 L　　Ⓑ 0.0432 L

Ⓒ 0.1672 L　　Ⓓ 0.836 L

فكرة الحل :

كمية الكهرباء المارة (C) = 4 × 30 × 60 = 7200 C

$$4H^+_{(aq)} + 4e^- \longrightarrow 2H_{2(g)}$$

4 F $\xrightarrow{\text{تنتج}}$ 2 mol

4 × 96500 C　　2 × 22.4 L

7200 C　　? L

$$\therefore \text{حجم غاز } H_2 \text{ الناتج (L)} = \frac{7200 \times 2 \times 22.4}{4 \times 96500} = 0.836\ L$$

الحل : الاختيار الصحيح : (د)

تطبيقات على التحليل الكهربى

من التطبيقات على عملية التحليل الكهربى :

١ عملية الطلاء الكهربى
٢ عملية استخلاص الألومنيوم
٣ عملية تنقية النحاس

١ عملية الطلاء الكهربى

هى عملية تكوين طبقة رقيقة من فلز معين على سطح فلز آخر لحمايته من التآكل أو لإكسابه مظهرًا جميلًا ولامعًا.

أهمية الطلاء الكهربى

١ حماية المواد المختلفة من التآكل وإكسابها شكلًا جماليًا.

٢ رفع القيمة الاقتصادية لبعض الفلزات والمعادن الرخيصة بعد طلائها بالكروم أو الفضة أو الذهب.


ترس مطلى بالكروم

أمثلة

- طلاء بعض أجزاء السيارات المصنوعة من الصلب بطبقة من الكروم.
- طلاء بعض الأدوات الصحية مثل الصنابير والخلاطات بالكروم أو الذهب.

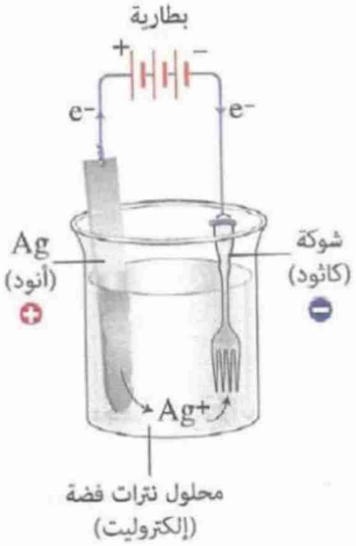

صنبور ماء مطلى بالذهب

خطوات الطلاء الكهربى لشوكة بطبقة من الفضة

١ ينظف سطح الشوكة جيداً.

٢ يوصل لوح من الفضة النقية بالقطب الموجب للبطارية ليعمل كأنود، بينما توصل الشوكة بالقطب السالب للبطارية، لتعمل ككاثود.

٣ يُغمر كلًا من الأنود والكاثود فى محلول مائى من نترات الفضة (الإلكتروليت).



وعند مرور التيار الكهربى تحدث :

- عملية أكسدة لذرات فضة الأنود وتذوب فى المحلول.

$$Ag^{0}_{(s)} \longrightarrow Ag^{+}_{(aq)} + e^{-}$$

- عملية اختزال لأيونات الفضة الموجودة فى المحلول عند الكاثود (سطح الشوكة) فتترسب ذرات الفضة على سطحها.

$$Ag^{+}_{(aq)} + e^{-} \longrightarrow Ag^{0}_{(s)}$$

مثال

أُمر تيار كهربى مستمر شدته 18 A لمدة 1 h فى محلول كبريتات النيكل (II) $NiSO_4$ لطلاء وجهى رقيقة من معدن رخيص مربعة الشكل طول ضلعها 4 cm

احسب سُمك طبقة الطلاء، علمًا بأن كثافة النيكل $8.9\ g/cm^3$ [Ni = 58.7]

الحل

كمية الكهرباء (C) = شدة التيار (A) × الزمن (s)

$$= 18 \times 60 \times 60 = 64800\ C$$

$$\text{الكتلة المكافئة الجرامية للنيكل (g)} = \frac{\text{الكتلة الذرية الجرامية للنيكل}}{\text{عدد تأكسد أيون النيكل } Ni^{2+}} = \frac{58.7}{2} = 29.35\ g$$

$$\text{كتلة النيكل المترسبة (كتلة الطلاء) (g)} = \frac{\text{الكتلة المكافئة الجرامية للنيكل (g)} \times \text{كمية الكهرباء (C)}}{96500\ (C)}$$

$$= \frac{64800 \times 29.35}{96500} = 19.71\ g$$

مساحة سطح طلاء النيكل (cm^2) = مساحة الوجه الواحد × 2 = (طول الضلع × نفسه) × 2

$$= (4 \times 4) \times 2 = 32\ cm^2$$

$$\text{حجم طبقة الطلاء} = \frac{\text{الكتلة (g)}}{\text{الكثافة } (g/cm^3)} = \frac{19.71}{8.9} = 2.21\ cm^3$$

$$\text{سُمك طبقة الطلاء} = \frac{\text{حجم طبقة الطلاء } (cm^3)}{\text{مساحة سطح الطلاء } (cm^2)} = \frac{2.21}{32} = 0.07\ cm$$

٢ عملية استخلاص الألومنيوم من خام البوكسيت

◂ يستخلص الألومنيوم من خام البوكسيت (Al_2O_3) المذاب فى مصهور الكريوليت (Na_3AlF_6) والذى يضاف إليه قليلاً من الفلورسبار (CaF_2)، **لخفض درجة انصهار المخلوط من 2045°C إلى 950°C.**



خام البوكسيت



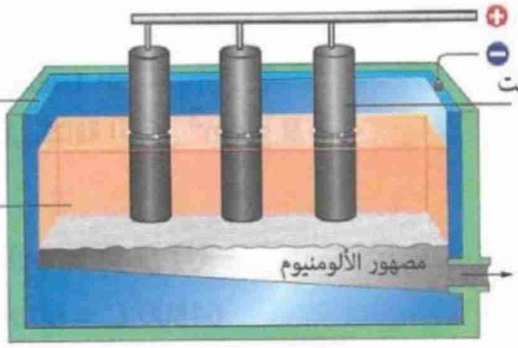
الكريوليت

ملحوظة

* إضافة الفلورسبار إلى خليط البوكسيت والكريوليت **يزيد** من التوصيل الكهربى للخليط.

◂ ويستعاض حديثًا عن الكريوليت بمخلوط من أملاح فلوريدات (الألومنيوم والصوديوم والكالسيوم)، **لأن** هذا المخلوط يعطى مع البوكسيت مصهورًا يتميز بانخفاض درجة انصهاره وكثافته مقارنةً بمخلوط الكريوليت مع البوكسيت، مما يسهل فصل مصهور الألومنيوم.

خطوات استخلاص الألومنيوم من خام البوكسيت بالتحليل الكهربى



خلية التحليل الكهربى للبوكسيت

1. تُوصل أسطوانات من الجرافيت (الكربون) بالقطب الموجب لمصدر كهربى، لتعمل كأنود.
2. يُوصل الجرافيت المبطن لجسم إناء الخلية - المصنوع من الحديد - بالقطب السالب للمصدر الكهربى، ليعمل ككاثود.
3. يتفكك مصهور البوكسيت، تبعًا للمعادلة : $Al_2O_{3(l)} \longrightarrow 2Al^{3+}_{(l)} + 3O^{2-}_{(l)}$

وعند مرور التيار الكهربى تحدث :

- عملية أكسدة لأيونات الأكسجين عند الأنود. .... (1) $3O^{2-}_{(l)} \longrightarrow \frac{3}{2}O_{2(g)} + 6e^-$
- عملية اختزال لأيونات الألومنيوم عند الكاثود. .... (2) $2Al^{3+}_{(l)} + 6e^- \longrightarrow 2Al_{(l)}$

وبجمع المعادلتين (1) ، (2) نحصل على معادلة التفاعل الكلى :

$$2Al^{3+}_{(l)} + 3O^{2-}_{(l)} \longrightarrow 2Al_{(l)} + \frac{3}{2}O_{2(g)}$$

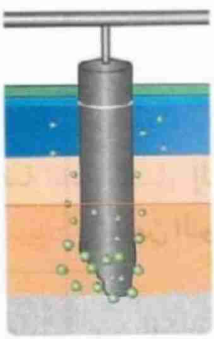
(Oxidation: $3O^{2-} \rightarrow O_2$; Reduction: $2Al^{3+} \rightarrow 2Al$)

- ويُسحب الألومنيوم من الخلية من خلال فتحة خاصة بذلك.

فسر: يلزم تغيير أسطوانات الجرافيت فى خلية التحليل الكهربى للبوكسيت من وقت لآخر.

لتآكلها، نتيجة تفاعلها مع غاز الأكسچين المتصاعد من عملية الأكسدة مكونة غازى أول وثانى أكسيد الكربون.

$$2C_{(s)} + \frac{3}{2}O_{2(g)} \longrightarrow CO_{(g)} + CO_{2(g)}$$



يتآكل الجرافيت بعد فترة من تشغيل الخلية لتحوله إلى غازى CO ، CO_2

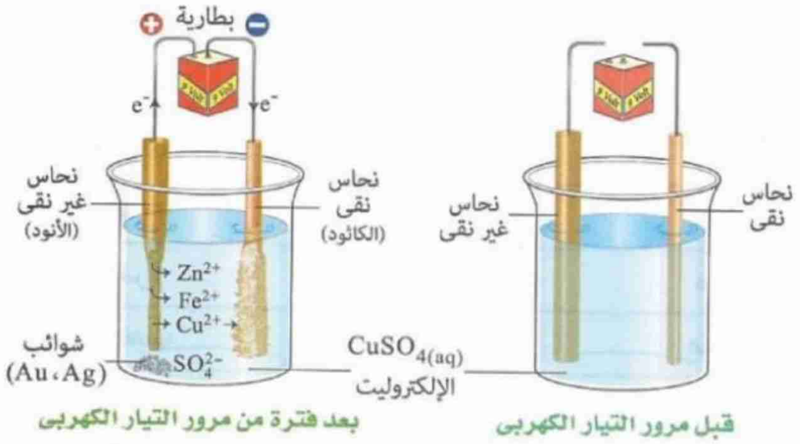
٣ تنقية النحاس بعد استخلاصه من خاماته

- المعادن التى يتم استخلاصها من خاماتها تكون درجة نقاوتها أقل من درجة النقاوة المطلوبة لاستخدامات معينة وهو ما يقلل من كفاءتها.
- فالنحـاس الـذى نقاوتـه 99% يحتـوى علـى شـوائب الخارصين والحديـد والفضـة والذهب، وهذه الشـوائب تقلل من جودته ومن قدرته على توصيل الكهرباء.

لذا تجرى عملية تنقية للنحاس الذى يراد استخدامه فى صناعة الأسلاك الكهربية ويتم ذلك بالتحليل الكهربى.

خطوات تنقية فلز النحاس من الشوائب

1. يُوصل فلز النحاس غير النقى بالقطب الموجب لمصدر كهربى، ليعمل كأنود.
2. يُوصل سلك (رقائق) من النحاس النقى بالقطب السالب للمصدر الكهربى، ليعمل ككاثود.
3. يغمر كلًا من الأنود والكاثود فى إلكتروليت من محلول مائى من كبريتات النحاس (II) $CuSO_4$ والذى يتفكك تبعًا للمعادلة : $CuSO_{4(aq)} \longrightarrow Cu^{2+}_{(aq)} + SO^{2-}_{4\,(aq)}$



الخلية التحليلية المستخدمة فى تنقية فلز النحاس من الشوائب

- **وعند مرور التيار الكهربى تحدث :**
  - عملية أكسدة لذرات النحاس عند الأنود $Cu^0_{(s)} \longrightarrow Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^-$
  - عملية اختزال لأيونات النحاس عند الكاثود لتترسب ذرات النحاس النقية عليه $Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Cu^0_{(s)}$
- **أما الشوائب الموجودة فى مادة الأنود، فإن :**
  - بعضها (مثل : الخارصين والحديد) يتأكسد ويذوب فى المحلول.
    $Zn^0_{(s)} \longrightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^-$
    $Fe^0_{(s)} \longrightarrow Fe^{2+}_{(aq)} + 2e^-$
  - بعضها الآخر (مثل الفضة والذهب) لا يتأكسد ولكنه يترسب فى المحلول أسفل الأنود.
- **وبمرور وقت تشغيل الخلية :**
  - تقل كتلة الأنود.
  - تزداد كتلة الكاثود.

ملحوظات

(١) لا تترسب ذرات الخارصين والحديد على كاثود خلية تنقية فلز النحاس.

لصعوبة اختزال أيونات الخارصين Zn^{2+} والحديد (II) Fe^{2+}، لصغر جهود اختزالها مقارنةً بجهد اختزال أيونات النحاس (II) Cu^{2+}

(٢) أهمية عملية تنقية النحاس بعد استخلاصه من خاماته.

لأنه يتم الحصول منها على نحاس بدرجة نقاوة عالية تصل إلى 99.95% يستخدم فى صناعة الأسلاك الكهربية، بالإضافة إلى إمكانية فصل بعض المعادن النفيسة (مثل : الفضة والذهب) والتى توجد مع النحاس غير النقى كشوائب.

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: التعرف على تطبيقات الخلايا الإلكتروليتية.

١ **تستخدم فى بعض صواريخ الفضاء دروع من النحاس المطلية بالذهب لعكس الحرارة.**
ما مادة الأقطاب المستخدمة فى عملية الطلاء الكهربى وما مادة الإلكتروليت المستخدم ؟

الاختيارات	القطب السالب	القطب الموجب	الإلكتروليت
(أ)	الجرافيت	الدرع	محلول أحد أملاح الذهب
(ب)	الدرع	الجرافيت	محلول أحد أملاح النحاس
(ج)	الدرع	الذهب	محلول أحد أملاح الذهب
(د)	الذهب	الدرع	محلول أحد أملاح النحاس

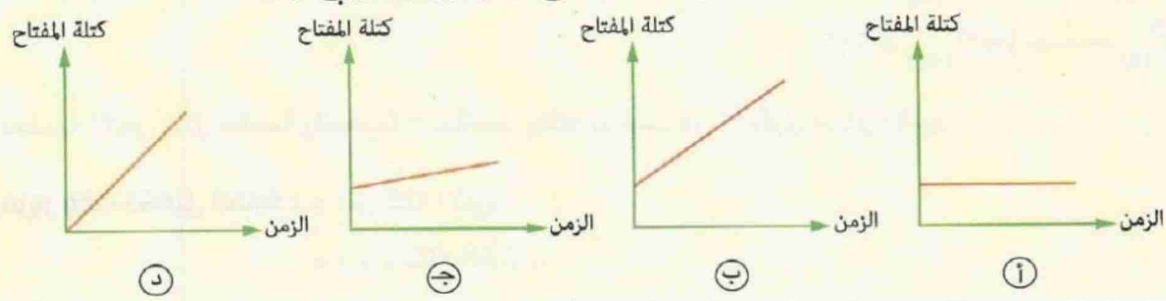
فكرة الحل :

عملية الطلاء الكهربى تعتمد على توصيل الفلز المراد استخدامه فى الطلاء (الذهب) بالقطب الموجب للبطارية ليعمل كأنود، وتوصيل الجسم المراد طلائه (الدرع) بالقطب السالب ليعمل ككاثود، ويغمر كل من الأنود والكاثود فى محلول مائى من أحد أملاح فلز الأنود (محلول أحد أملاح الذهب).

الحل : الاختيار الصحيح : (ج)

---

٢ **يستخدم محلول مائى من كلوريد الذهب (III) فى طلاء مفتاح من الحديد بطبقة من الذهب.**
أى الأشكال البيانية الآتية يعبر عن التغير فى كتلة المفتاح عند إمرار تيار كهربى ثابت الشدة ؟



فكرة الحل :

∵ عند طلاء المفتاح تزداد كتلته.

∴ يستبعد الاختيار (أ)

∵ المفتاح له كتلة (لا تساوى صفر).

∴ يستبعد الاختيار (د)

∵ طبقة الطلاء تكون رقيقة جدًا.

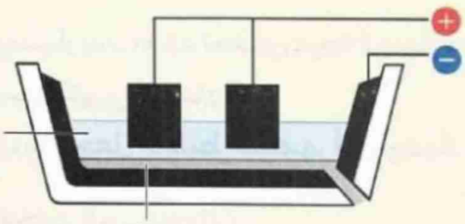
∴ كتلتها تكون صغيرة جدًا.

الحل : الاختيار الصحيح : (ج)

---

٣ الشكل المقابل : يعبر عن خلية التحليل الكهربى المستخدمة فى استخلاص الألومنيوم من خام البوكسيت.

كل مما يأتى يعبر عن هذه الخلية الكهروكيميائية، عدا ....



(أ) تكتسب أيونات الألومنيوم إلكترونات أثناء عملية التحليل الكهربى لتحدث لها عملية اختزال.

(ب) يقلل الفلورسبار من درجة انصهار خام البوكسيت.

(ج) يصنع كل من الأنود والكاثود من الجرافيت.

(د) يستبدل الكاثود من وقت إلى آخر.

فكرة الحل :

∵ الألومنيوم المستخلص من خام البوكسيت ينتج من اختزال أيونات Al^{3+}

$$2Al^{3+}_{(l)} + 6e^- \longrightarrow 2Al_{(l)}$$

∴ يستبعد الاختيار (أ)

∵ الفلورسبار يستخدم لخفض درجة انصهار خام البوكسيت المذاب فى مصهور الكريوليت.

∴ يستبعد الاختيار (ب)

∵ الأنود المستخدم عبارة عن أسطوانات من الجرافيت والكاثود عبارة عن الجرافيت المبطن لجسم إناء الخلية المصنوع من الحديد.

∴ يستبعد الاختيار (ج)

∵ الأكسجين الناتج من عملية الأكسدة يتسبب فى تآكل أسطوانات الجرافيت :

- $3O^{2-}_{(l)} \longrightarrow \frac{3}{2}O_{2(g)} + 6e^-$
- $2C_{(s)} + \frac{3}{2}O_{2(g)} \longrightarrow CO_{(g)} + CO_{2(g)}$

∴ يلزم تغيير أسطوانات الجرافيت (الأنود) من وقت إلى آخر.

الحل : الاختيار الصحيح : (د)

٤ ما أهمية الفلورسبار فى خلية التحليل الكهربى لخام البوكسيت ؟

Ⓐ يقوم بدور العامل الحفاز.
Ⓑ يعمل على زيادة كمية الألومنيوم المستخلصة.
Ⓙ يقوم بخفض معدل عملية أكسدة جرافيت الأنود.
Ⓓ يجعل الخليط المنصهر أكثر توصيلًا للكهرباء.

فكرة الحل :

استخلاص الألومنيوم من البوكسيت يتم بعملية تحليل كهربى وليس بعملية تفاعل كيميائى.

∵ العامل الحفاز يستخدم فى التفاعلات الكيميائية فقط للتحكم فى معدل حدوثها.
∴ يستبعد الاختيارين Ⓐ ، Ⓙ

∵ كمية الألومنيوم المستخلصة تتوقف على كمية البوكسيت المستخدمة فى خلية التحليل الكهربى فقط.
∴ يستبعد الاختيار Ⓑ

∵ الفلورسبار يستخدم لخفض درجة انصهار مخلوط البوكسيت فى الكريوليت بالإضافة إلى إنه يزيد من التوصيل الكهربى للمخلوط.
∴ الفلورسبار يجعل الخليط المنصهر أكثر توصيلًا للكهرباء.

الحل : الاختيار الصحيح : Ⓓ

---

٥ كل مما يأتى يعتبر صحيحًا بالنسبة لعملية استخلاص الألومنيوم بطريقة التحليل الكهربى، عدا ....

Ⓐ الإلكتروليت المستخدم هو Al_2O_3 المذاب فى مصهور Na_3AlF_6 المحتوى على القليل من CaF_2
Ⓑ الأنود مكون من عدة أسطوانات من الجرافيت، تستبدل بأخرى بشكل دورى.
Ⓙ مصهور الألومنيوم أقل كثافة من الإلكتروليت المستخدم.
Ⓓ ينقى البوكسيت قبل إجراء عملية التحليل الكهربى له.

فكرة الحل :

∵ الفلورسبار CaF_2 يستخدم لخفض درجة انصهار خام البوكسيت Al_2O_3 المذاب فى مصهور الكريوليت Na_3AlF_6
∴ يستبعد الاختيار Ⓐ

∵ الأنود عبارة عن عدة أسطوانات من الجرافيت، يلزم تغييرها من وقت لآخر بسبب تآكلها بفعل غاز الأكسجين الناتج من أكسدة أيونات O^{2-}

$$2C_{(s)} + \frac{3}{2}O_{2(g)} \longrightarrow CO_{(g)} + CO_{2(g)}$$

∴ يستبعد الاختيار Ⓑ

∵ مصهور البوكسيت فى الكريوليت (الإلكتروليت) يطفو فوق سطح مصهور الألومنيوم.
∴ مصهور الألومنيوم أكبر كثافة من مصهور الإلكتروليت المستخدم.

الحل : الاختيار الصحيح : Ⓙ

٦ **ماذا يحدث بمرور الوقت عند تشغيل خلية تحليل كهربى لمحلول $CuSO_4$ باستخدام قطبين من النحاس ؟**

Ⓐ تزداد كتلة الأنود ويزداد $[Cu^{2+}]$.
Ⓑ تقل كتلة الأنود ولا يتغير $[Cu^{2+}]$.
Ⓒ تزداد كتلة الأنود ولا يتغير $[Cu^{2+}]$.
Ⓓ تقل كتلة الأنود ويزداد $[Cu^{2+}]$.

فكرة الحل :

∵ أنود النحاس تحدث له عملية أكسدة، فيتحول إلى أيونات Cu^{2+} تنتقل إلى محلول $CuSO_4$ (الإلكتروليت).

$$Cu_{(s)} \longrightarrow Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^-$$

∴ تقل كتلة الأنود بمرور الوقت.

وعليه يتم استبعاد الاختيارين Ⓐ ، Ⓒ

∵ أيونات Cu^{2+} المنتقلة من الأنود إلى الإلكتروليت هى التى تُختزل عند الكاثود.

$$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Cu_{(s)}$$

∴ يظل $[Cu^{2+}]$ فى المحلول ثابتًا.

الحل : الاختيار الصحيح : Ⓑ

---

٧ **أى مما يأتى يعبر عن خلية تنقية الفضة بالتحليل الكهربى ؟**

الاختيارات	الكاثود	الأنود	العملية الحادثة للقطب الموجب
Ⓐ	فضة نقية	فضة غير نقية	اختزال
Ⓑ	فضة نقية	فضة غير نقية	أكسدة
Ⓒ	فضة غير نقية	فضة نقية	اختزال
Ⓓ	فضة غير نقية	فضة نقية	أكسدة

فكرة الحل :

∵ عملية تنقية الفلزات تعتمد على توصيل الفلز غير النقى (الفضة غير النقية) بالقطب الموجب للبطارية ليعمل كأنود، وتوصيل الفلز النقى (الفضة النقية) بالقطب السالب ليعمل ككاثود، ويُغمر كل من الأنود والكاثود فى محلول مائى من أحد أملاح هذا الفلز (الفضة).

∴ يستبعد الاختيارين Ⓒ ، Ⓓ

∵ الأنود (القطب الموجب) فى الخلايا التحليلية تحدث له عملية أكسدة : $Ag_{(s)} \longrightarrow Ag^+_{(aq)} + e^-$

∴ يستبعد الاختيار Ⓐ

الحل : الاختيار الصحيح : Ⓑ

مذکــــرات

الآن بجميع المكتبات

كتب **الامتحان** فى

- الأحياء
- الفيزياء
- التاريخ
- الجغرافيا
- اللغة العربية
- الجيولوجيا والعلوم البيئية
- علم النفس و الاجتماع
- الفلسفة وقضايا العصر

يُصرف مجانًا مع الكتاب

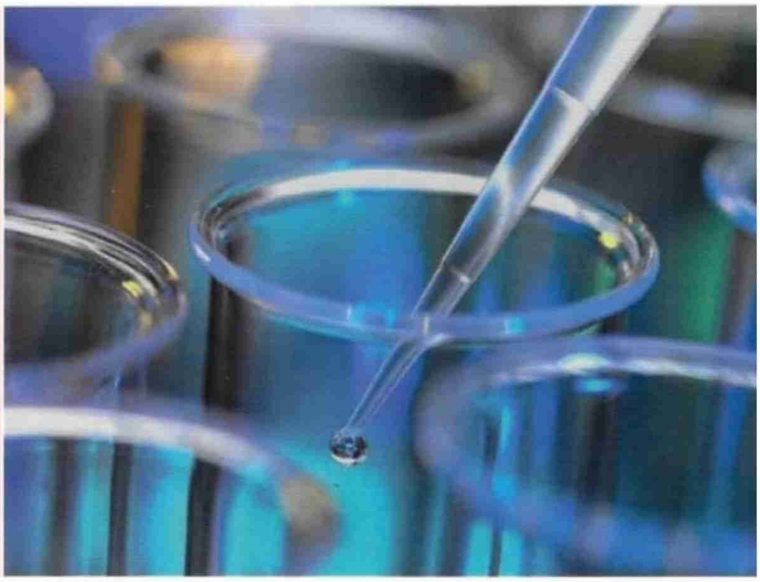
الجزء الثانى : الكيمياء العضوية

الكيمياء 2025

- أدخل كودك الشخصى الموجود على ظهر الغلاف
- لمزيد من المعلومات انظر صفحة ٣

كتب الامتحان

لا يخرج عنها أى امتحان



الآن بالمكتبات

كتاب

الأسئلة والمسائل

GPS

الدولية للطبع والنشر والتوزيع

الفجالة - القاهرة

تليفون: ٢٥٨٨٥٥٨٥ - ٢٥٩٠٤٣٢٣ - ٠٢/٢٥٨٨٨٨٨٦

www.alemte7anbooks.com

Email: info@alemte7anbooks.com

الخط الساخن ١٥٠١٤

/alemte7anbooks

6 223007 300544

الكيمياء

كتاب الشرح

إعداد
صابر حكيم

الجزء الثاني
الكيمياء العضوية
الباب 5

Deja rafat
للتفوق عنوان



2025

الصف 3 الثانوي

ar

الامتحان®



الباب 5

الكيمياء العضوية

مخرجات تعلم الباب

فى نهاية هذا البـاب ينبغى أن يكون الطالب قادرًا على أن :

- يتعرف نظرية القوى الحيوية.
- يقارن بين المركبات العضوية و غير العضوية.
- يميز بين الصيغ الجزيئية و الصيغ البنائية.
- يرسم متشكلات مختلفة للصيغة الجزيئية الواحدة.
- يصنف المركبات العضوية.
- يكشف على الكربون والهيدروچين فى المواد العضوية معمليًا.
- يصنف الهيدروكربونات إلى أنواعها المختلفة.
- يسمى المركبات العضوية بنظام الأيوباك.
- يشرح طرق تحضير الهيدروكربونات.
- يكتب معادلات التفاعل ويرسم أجهزة التحضير.
- يشرح الأهمية الاقتصادية للهيدروكربونات ومشتقاتها.
- يتعرف المجموعات الوظيفية للمركبات العضوية.
- يتعرف أنواع التفاعلات العضوية المختلفة وكيف أسهمت فى تحضير العديد من المنتجات التى يستخدمها فى حياتنا اليومية.
- يستنتج أن الكيمياء علم تجريبى.
- يصنف الكحولات حسب مجموعة الهيدروكسيل وحسب الكاربينول.
- يسمى الكحولات.
- يكشف عن الكحولات والفينولات ويميز بينهما.
- يوجد العلاقة بين المركبات العضوية الأخرى مثل الألدهيدات والكيتونات والأحماض.
- يتعرف التفاعلات المميزة للكحولات.
- يتعرف الأهمية الاقتصادية للكحولات.
- يتعرف أنواع الأحماض الكربوكسيلية.
- يسمى الأحماض والإسترات.
- يتعرف الخواص العامة للأحماض.
- يتعرف الأهمية الاقتصادية لكل من الأحماض والإسترات.

نبذة تاريخية عن الكيمياء العضوية

- استخدم الإنسان منذ القدم الكثير من المواد المستخلصة من النباتات والحيوانات، مثل :
  - الدهون والزيوت.
  - السكر.
  - الخل.
  - الكحول.
  - العطور.



جدارية بمقبرة حور محب بوادى الملوك محتفظة بألوانها

- استخدم قدماء المصريين العقاقير فى عمليات التحنيط وكذلك الأصباغ ذات الألوان الثابتة فى تلوين جدران المعابد والتى مازالت ناصعة حتى الآن.

- فى عام 1806 قسم العالم برزيليوس المركبات إلى نوعين، هما :
  - **مركبات غير عضوية** يمكن الحصول عليها من مصادر معدنية بالقشرة الأرضية.
  - **مركبات عضوية** تستخلص من أصل نباتى أو حيوانى.

نظرية القوى الحيوية



Berzelius

وضع **العالم برزيليوس** نظرية فى تفسير كيفية تكوُّن المركبات العضوية أطلق عليها **نظرية القوى الحيوية** وهى تنص على أن المركبات العضوية تتكون داخل خلايا الكائنات الحية بواسطة قوى حيوية، ولا يمكن تحضيرها فى المختبرات (المعامل).

فشل نظرية القوى الحيوية

في عـام 1828 وجه العالم الألماني **فوهلـر** ضربة قاضية لنظرية القوى الحيوية، حيـث تمكـن من تحضير اليوريـا (البولينـا) في المعمل وهي مـن المركبات العضوية التي تتكون في بول الثدييات وذلك بتسـخين محلول مائي لمركبين غير عضويين هما كلوريد الأمونيوم وسيانات الفضة.

$$* NH_4Cl_{(aq)} + AgCNO_{(aq)} \longrightarrow AgCl_{(s)} + NH_4CNO_{(aq)}$$

كلوريد الأمونيوم — سيانات الفضة — سيانات الأمونيوم (محلول مائي)

$$* NH_4CNO_{(aq)} \xrightarrow{\Delta} H_2N-CO-NH_{2(s)}$$

سيانات الأمونيوم (محلول مائي) — اليوريا

أداء ذاتي

وضح بالمعادلات الكيميائية كيفية الحصول على مركب عضوي من محلول مائي لمركبين غير عضويين.

....

....

....

....

وكانت هذه هي البداية التي انطلق منها العلماء ليملئوا الدنيا بمركباتهم العضوية في شتى مجالات الحياة، من :

- عقاقير.
- منظفات.
- أصباغ.
- بلاستيك.
- أسمدة.
- مبيدات حشرية.

وغيرها ....

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: التعرف على نظرية القوى الحيوية.

تخضع العمليات الكيميائية التالية لنظرية القوى الحيوية، عدا ....

(أ) تكون سكر الجلوكوز وسكر الفركتوز في نبات قصب السكر.

(ب) تكون البروتينات من بلمرة الأحماض الأمينية.

(ج) تكون الإيثاين من تنقيط الماء على كربيد الكالسيوم.

(د) تكون حمض البالمتيك في أشجار النخيل.

فكرة الحل :

افترضت نظرية القوى الحيوية أن المركبات العضوية (مثل : سكر الجلوكوز، البروتينات، حمض البالمتيك) تتكون داخل خلايا الكائنات الحية (النباتات والحيوانات).

الحل : الاختيار الصحيح : (ج)

المفهوم الحديث للمركبات العضوية

◄ أصبحت المادة العضوية تُعرف على أساس **بنيتها التركيبية** وليس على أساس مصدرها، **وذلك لأن** معظم المركبات العضوية التى تحضر فى المختبرات لا تتكون بالضرورة داخل أجسام الكائنات الحية.

◄ يعرف العلم الذى يهتم بدراسة مركبات الكربون باستثناء أكاسيد الكربون وأملاح الكربونات والسيانيد **بعلم الكيمياء العضوية**.

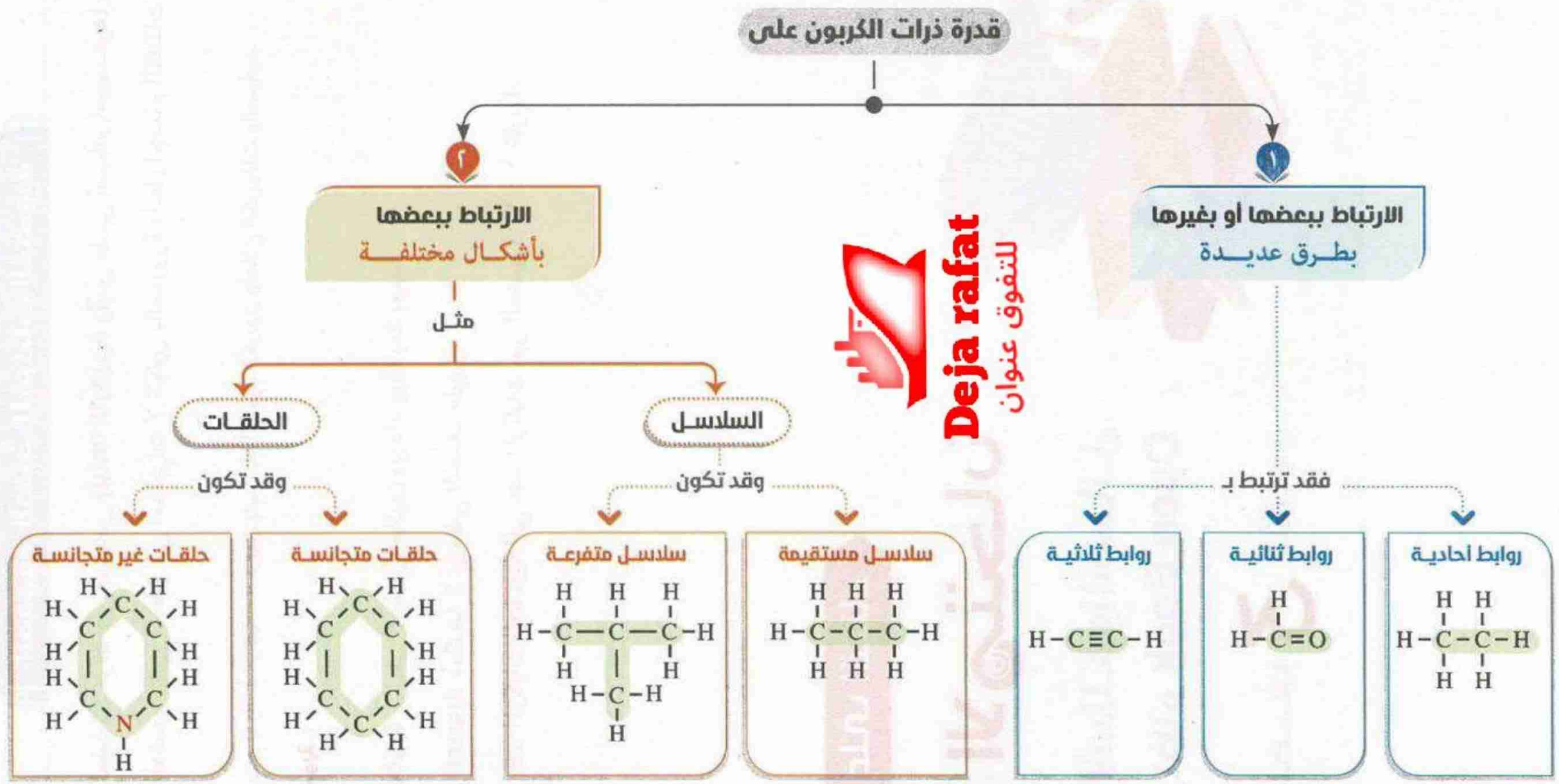
◄ **عدد المركبات العضوية** يتخطى العشرة ملايين ويزداد يومًا بعد يوم،

أما **المركبات غير العضوية** فعددها لا يتخطى النصف مليون.

أى أن النسبة بين عدد المركبات العضوية إلى عدد المركبات غير العضوية ٢٠ : ١ تقريبًا.



أسباب وفرة المركبات العضوية



وبشكل عام ترجع وفرة عدد المركبات العضوية إلى قدرة ذرات الكربون على الارتباط ببعضها أو بغيرها بروابط تساهمية أحادية أو ثنائية أو ثلاثية أو الارتباط ببعضها بأشكال مختلفة كسلاسل مستقيمة أو متفرعة أو كحلقات متجانسة أو غير متجانسة.

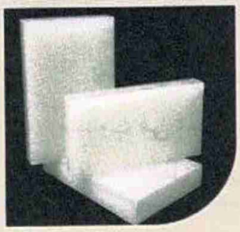
* تختلف المركبات العضوية عن المركبات غير العضوية فى كثير من الخواص، والتى يوضحها التدريب التالى :

تدريب عملى

المقارنة بين خواص المركبات العضوية و المركبات غير العضوية

◂ احضر بعض :

◂ المواد العضويــــة الصلبة : مثل



شمع البرافيـــن



النفثالين

◂ المواد غير العضوية الصلبة : مثل

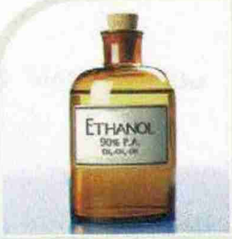


كبريتات النحـــاس (II) الزرقاء

◂ المواد العضويــــة السائلة : مثل

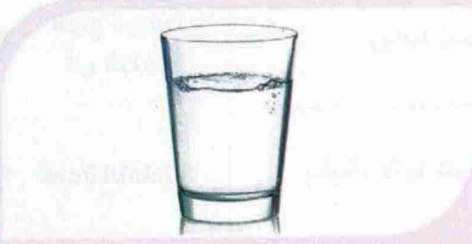


الأسيتـــون



الكحول الإيثيلى

◂ المواد غير العضوية السائلة : مثل



المـــــاء

◂ قارن بين هذه المواد من حيث :

- ◻ الذوبان.
- ◻ درجتى الانصهار والغليان.
- ◻ قابلية الاشتعال.
- ◻ الرائحة.
- ◻ التوصيل الكهربى.

الاستنتاج

يستنتج من هذه التجارب وغيرها **الفرق بين المركبات العضوية و المركبات غير العضوية،**
كما يوضحها الجدول التالى :

أوجه المقارنة	المركبات العضوية	المركبات غير العضوية
١ الذوبـــــــان	لا تذوب فى الماء غالبًا، وتذوب فى المذيبات العضوية مثل البنزين	تذوب فى الماء غالبًا
٢ درجتى الانصهار و الغليان	منخفضة	مرتفعة
٣ قابلية الاشتعال	تشتعل وينتج دائمًا : H_2O ، CO_2	معظمها غير قابل للاشتعال وما يشتعل منها ينتج غازات أخرى
٤ الـــرائـحــــة	لها روائح مميزة غالبًا	عديمة الرائحة غالبًا
٥ التوصيل الكهربى	مواد لاإلكتروليتية غالبًا لا توصل التيار الكهربى، لعدم قدرتها على التأين	بعضها مواد إلكتروليتية توصل التيار الكهربى، لقدرتها على التأين
٦ التركيب الكيميائى	تحتوى على عنصر الكربون بشكل أساسى	تحتوى على عناصر متعددة وقد يكون منها عنصر الكربون
٧ أنواع الروابط فى الجزىء	روابط تساهمية	قد تكون روابط أيونية أو تساهمية
٨ سرعة التفاعلات	بطيئة، لأنها تتم بين جزيئات	سريعة، لأنها تتم بين أيونات غالبًا
٩ البلمرة أو التجمع انظر صفحة (٧٦)	تتميز معظمها بقدرتها على تكوين بوليمرات	لا توجد غالبًا
١٠ المشابهة الجزيئية (الأيزوميرزم)	توجد بين كثير من المركبات	لا توجد غالبًا

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: المقارنة بين المركبات العضوية و المركبات غير العضوية.

الجدول التالى يوضح بعض خواص كل من المركبين (A) ، (B) :

الخواص	المركب (A)	المركب (B)
الكتلة المولية	78.5 g/mol	74.5 g/mol
الذوبان فى الماء	لا يذوب	يذوب
درجة الانصهار	$46.5^{\circ}C$	$1416^{\circ}C$

ما تصنيف كل من المركبين (A) ، (B) ؟

الاختيارات	المركب (A)	المركب (B)
(أ)	تساهمى	تساهمى
(ب)	عضوى	أيونى
(ج)	أيونى	عضوى
(د)	عضوى	عضوى

فكرة الحل :

معظم المركبات التساهمية (كالمركبات العضوية) لا تذوب فى الماء ومعظم المركبات الأيونية تذوب فيه ودرجة انصهار المركبات التساهمية أقل بكثير من درجة انصهار المركبات الأيونية.

الحل : الاختيار الصحيح : (ب)

* **وللتعرف على مفهوم المشابهة الجزيئية (الأيزوميرزم) ...**

يلزم التعرف أولًا على مفهومى **الصيغة الجزيئية** و **الصيغة البنائية** للمركبات العضوية.

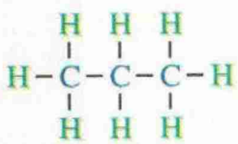
الصيغة الجزيئية و الصيغة البنائية

الصيغة الجزيئية هى صيغة تبين نوع وعدد ذرات كل عنصر فى المركب

الصيغة البنائية هى صيغة تبين نوع وعدد ذرات كل عنصر فى المركب وطريقة ارتباط الذرات مع بعضها بالروابط التساهمية

مثال

C_3H_8



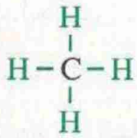
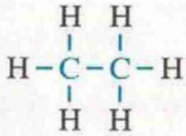
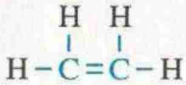
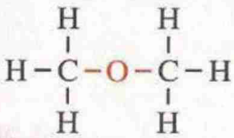
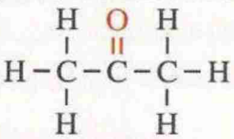
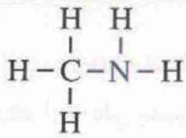
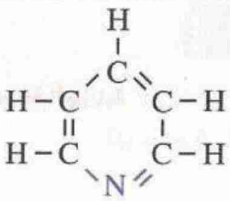
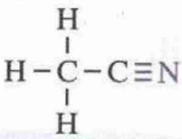
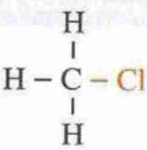
تراكم معرفى

الصيغة الأولية للمركب تُعبر عن أبسط نسبة عددية بين ذرات عناصر جزىء المركب.

مثال

الصيغة الجزيئية للجلوكوز $C_6H_{12}O_6$ ← بقسمة عدد الذرات $\div 6$ ← الصيغة الأولية للجلوكوز CH_2O

◂ **ولكل عنصر يدخل فى تركيب المركبات العضوية تكافؤ محدد وثابت يتضح من عدد الروابط التساهمية المحيطة بكل ذرة من ذراته، كما يتضح من الأمثلة الموضحة بالجدول التالى :**

العنصر	التكافؤ	الارتباط التساهمى	تطبيق
الهيدروچين $_{1}H$	أحادى	H −	
الكربون $_{6}C$ (2 ، 4)	رباعى	−C−	
		−C=	
		−C≡	
الأكسچين $_{8}O$ (2 ، 6)	ثنائى	−O−	
		O=	
النيتروچين $_{7}N$ (2 ، 5)	ثلاثى	−N−	
		−N=	
		N≡	
عناصر الهالوچينات X مثل (F , Cl , Br , I)	أحادى	X −	

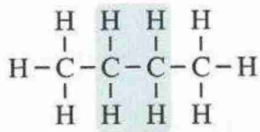
طرق تمثيل الصيغ البنائية للمركبات العضوية

◄ هنـاك عـدة طرق لتمثيل الصيغ البنائية للمركبات العضوية، منها :

الصيغة البنائية المفصلة «صيغة كيكولى»	الصيغة البنائية المكثفة
تعطى صورة مفصلة لكل الذرات والروابط فى الجزىء	يتم فيها تجميع الوحدات المتكررة مع بعضها مع حذف الروابط فى معظم الأحيان

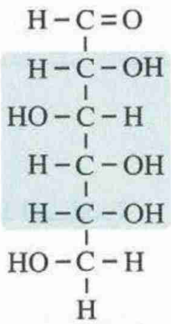
تطبيـق

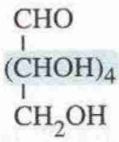
C_4H_{10}



$CH_3(CH_2)_2CH_3$

$C_6H_{12}O_6$





مثـال ١

ارسم الصيغة البنائية للمركبات التالية :

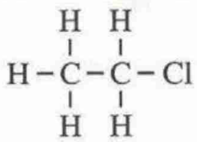
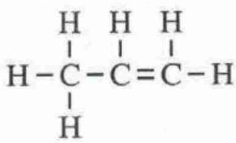
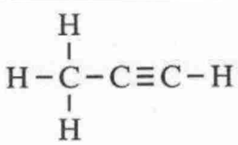
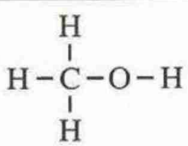
• C_2H_5Cl • C_3H_6 (يحتوى على رابطة =) • C_3H_4 (يحتوى على رابطة ≡) • CH_4O

فكـرة الحل

يلزم أن تحاط كل ذرة من ذرات عنصر :

* الكربون بأربعة روابط تساهمية.
* الأكسچين برابطتين تساهميتين.
* الهيدروچين برابطة واحدة تساهمية.
* الكلور برابطة واحدة تساهمية.

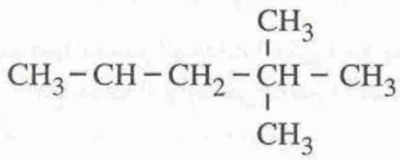
الحـــل

الصيغة الجزيئية	C_2H_5Cl	C_3H_6	C_3H_4	CH_4O
الصيغة البنائية				

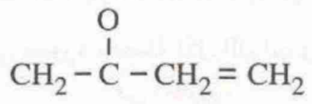
مثال ٢

أعد كتابة الصيغ البنائية الآتية بطريقة صحيحة، بشرط عدم تغيير صيغتها الجزيئية :

١

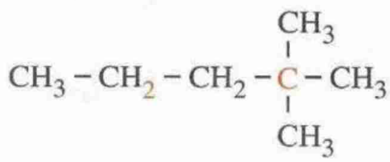


٢

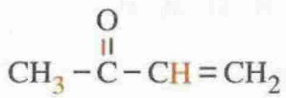


الحل

١



٢



مثال ٣

حول الصيغ البنائية المكثفة الآتية إلى صيغ بنائية تتضح فيها الروابط التساهمية :

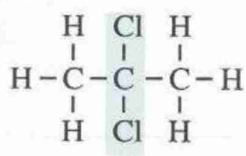
١ $CH_3CCl_2CH_3$

٢ $CH_3(CH_2)_2CHCH_2$

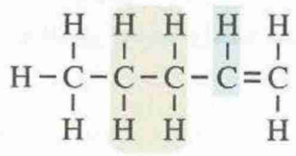
٣ $(CH_3)_2C(CH_2CH_3)_2$

الحل

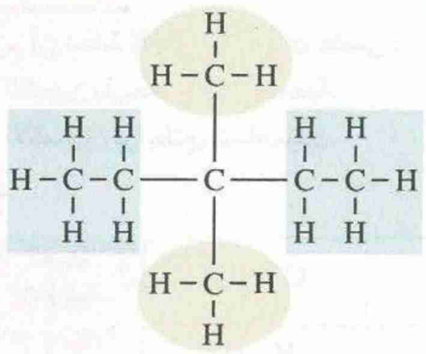
١



٢



٣



النماذج الجزيئية

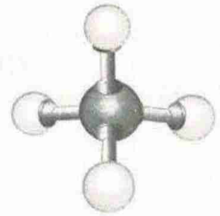
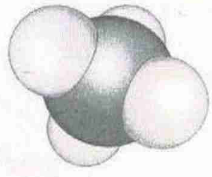
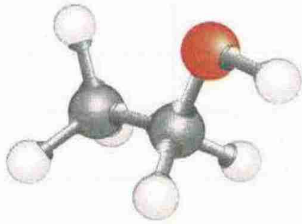
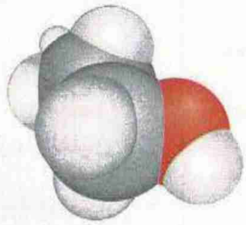


مكونات نموذج الكرات والعصى

- **لا تعبر الصيغة البنائية عن الشكل الصحيح للجزىء،**
لأنها تُظهر الجـــزىء وكأنه مسطــحًا إلا أنه مجسـمًا تتجه ذراته فى الأبعاد الفراغية الثلاثة.

- **ولتوضيح الشكل الصحيح للجزىء** تستخدم **النماذج الجزيئية**
وهى نماذج تُمثل فيها ذرات كل عنصر بلـون و حجـم محددين.

- **ومن هذه النماذج .. نموذج الكرات و العصى والنموذج الفراغى**
ويوضحهما الجدول التالى :

الجزىء	نموذج الكرات و العصى	النموذج الفراغى
CH_4		
C_2H_5OH		

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: التميز بين الصيغ الجزيئية والصيغ البنائية.

كل مما يلى من الصيغ البنائية، عدا ....

(أ)
$$\begin{array}{c} H \\ | \\ H-C-H \\ | \\ H \end{array}$$

(ب) C_2H_2

(ج) CH_3CH_3

(د) 

فكـرة الحـل :

∵ الصيغ البنائية قد تكون مفصلة لكل الذرات والروابط فى الجزىء. ∴ يستبعد الاختيار (أ)

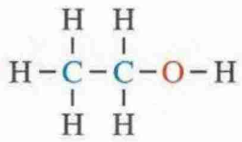
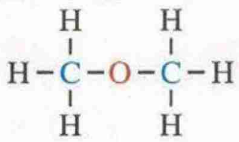
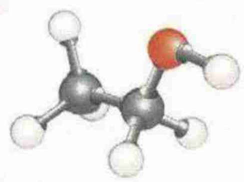
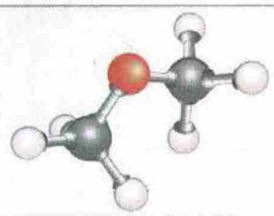
∵ الصيغ البنائية قد تكون مكثفة. ∴ يستبعد الاختيارين (ج) ، (د)

الحـل : الاختيار الصحيح : (ب)

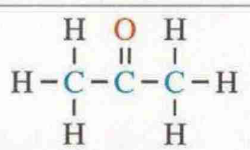
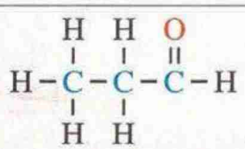
الأيزوميرزم (المشابهة الجزيئية) (التشكل)

هى ظاهرة اتفاق عدة مركبات عضوية فى صيغة جزيئية واحدة واختلافها فى الصيغ البنائية وبالتالى اختلافها فى الخواص الفيزيائية والكيميائية.

تطبيق ١ مركب الكحول الإيثيلى و مركب إثير ثنائى الميثيل أيزومران لهما نفس الصيغة الجزيئية ولكنهما يختلفان فى الصيغة البنائية وبالتالى يختلفان فى الخواص الفيزيائية والكيميائية، كما يتضح من الجدول التالى :

المركب	الكحول الإيثيلى	إثير ثنائى الميثيل
الصيغة الجزيئية	C_2H_6O	
الصيغة البنائية		
	CH_3-CH_2-OH	CH_3-O-CH_3
نموذج الكرات و العصى		
الحالة الفيزيائية	سائل	غاز
درجة الغليان	78.5°C	–29.5°C
درجة الانصهار	–117.3°C	–138°C
التفاعل مع الصوديوم	يتفاعل	لا يتفاعل

تطبيق ٢ أيزومرى البروبانون و البروبانال :

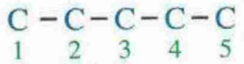
المركب	البروبانون	البروبانال
الصيغة الجزيئية	C_3H_6O	
الصيغة البنائية		
	$CH_3-\overset{\overset{O}{\|\|}}{C}-CH_3$	$CH_3-CH_2-\overset{\overset{O}{\|\|}}{C}-H$

مثال ١

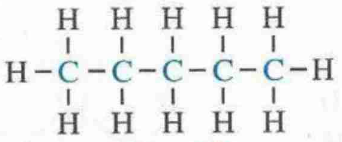
ارسم الأيزومرات المحتملة للمركب الذى صيغته الجزيئية C_5H_{12}

فكرة الحل | **الحل**

١) **يُرسم** أولًا سلسلة مستقيمة من ذرات الكربون الخمسة

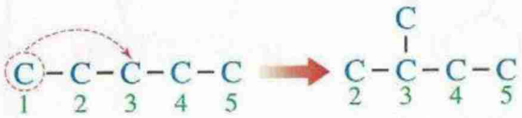


تضاف ذرات الهيدروچين إليها بحيث تحاط كل ذرة كربون بأربع روابط تساهمية أحادية

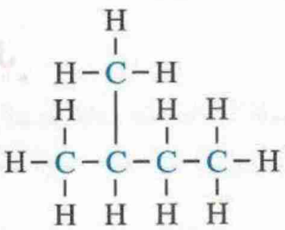


الأيزومر الأول

٢) **تُنقل** ذرة الكربون رقم 1 لتضاف إلى ذرة الكربون رقم 3



ثم تضاف ذرات الهيدروچين كما سبق

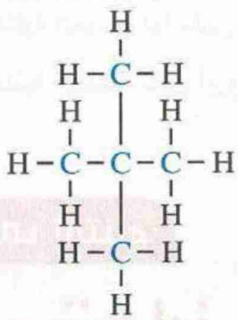


الأيزومر الثانى

٣) **تنقل** ذرة الكربون رقم 5، لتضاف إلى ذرة الكربون رقم 3



ثم تضاف ذرات الهيدروچين كما سبق

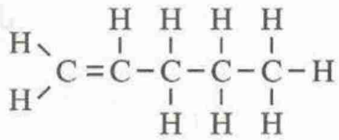


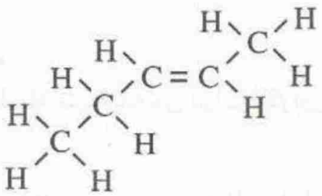
الأيزومر الثالث

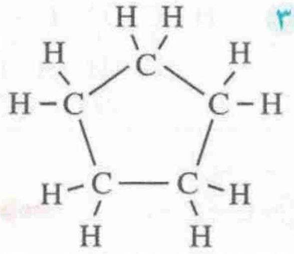
للتأكد من صحة الأيزومرات يتم جمع عدد ذرات كل من عنصرى الكربون والهيدروچين وكتابة الصيغة الجزيئية فى كل مرة

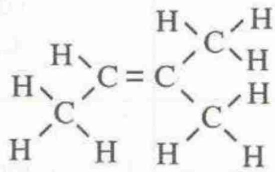
مثال ٢

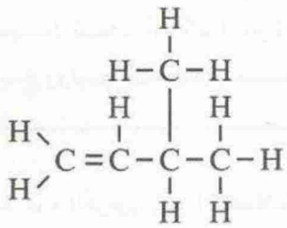
أمامك خمس صيغ بنائية .. اختر منها ما يعتبر أيزومرات.

١


٢


٣


٤


٥


فكرة الحل

∵ الأيزومرات مركبات عضوية لها نفس الصيغة الجزيئية.

∴ نجمع عدد ذرات عنصرى الكربون والهيدروچين فى كل صيغة بنائية لتعيين الصيغة الجزيئية.

الحل

الصيغة البنائية	١	٢	٣	٤	٥
الصيغة الجزيئية	C_5H_{10}	C_5H_{10}	C_5H_{10}	C_5H_{10}	C_5H_{10}

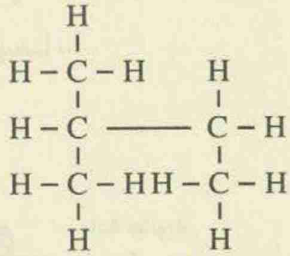
∵ الصيغ البنائية الخمسة لها نفس الصيغة الجزيئية.

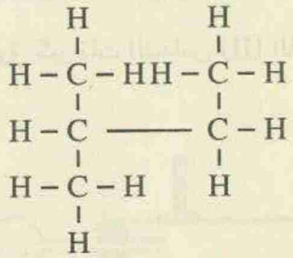
∴ الصيغ البنائية الخمسة تمثل أيزومرات لصيغة جزيئية واحدة.

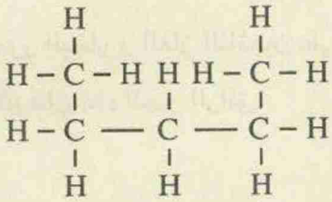
أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

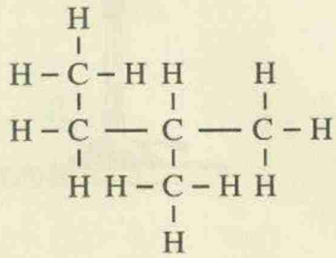
مخرج التعلم: رسم متشكلات مختلفة للصيغة الجزيئية الواحدة.

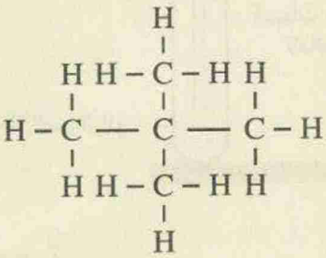
أمامك 5 صيغ بنائية لمركبات عضوية :


الصيغة (1)


الصيغة (2)


الصيغة (3)


الصيغة (4)


الصيغة (5)

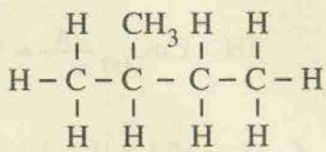
ما عدد الأيزومرات فى الصيغ البنائية السابقة ؟

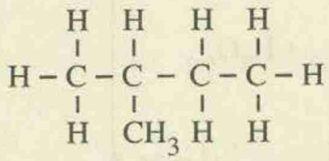
Ⓐ 2   Ⓑ 3   Ⓒ 4   Ⓓ 5

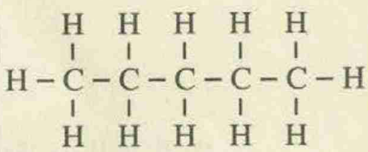
(أ) 2   (ب) 3   (جـ) 4   (د) 5

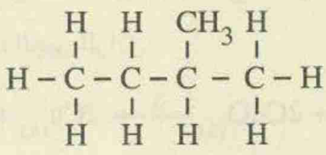
فكرة الحل :

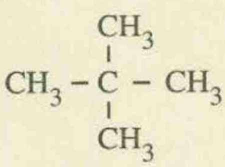
يمكن إعادة رسم الصيغ البنائية الخمسة، كالتالى :


الصيغة (1)


الصيغة (2)


الصيغة (3)


الصيغة (4)


الصيغة (5)

∵ الصيغ (1) ، (2) ، (4) هى لنفس المركب.

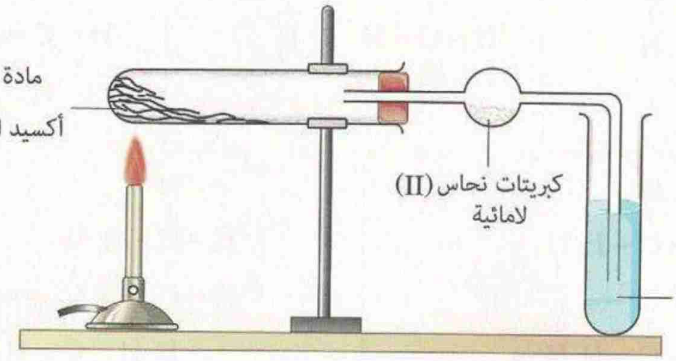
∴ عدد الأيزومرات = 3

الحل : الاختيار الصحيح : (ب)

تجربة الكشف عن عنصرى الكربون و الهيدروچين فى المركبات العضوية

الخطوات

1. سخن مقدار صغير من مادة عضوية (قماش ، جلد ، ورق ، بلاستيك ، ...) مع أكسيد النحاس (II).
2. مرر البخار و الغاز الناتجين على مسحوق كبريتات النحاس (II) اللامائية البيضاء، **ثم على** ماء الجير الرائق.



المشاهدة

- تحول لون كبريتات النحاس (II) اللامائية البيضاء إلى اللون الأزرق.

التفسير

- يختزل الهيدروچين الموجود فى المادة العضوية مركب أكسيد النحاس (II) مكونًا بخار ماء تمتصه كبريتات النحاس (II) البيضاء فيتحول لونها إلى اللون الأزرق.

$$2H + CuO_{(s)} \xrightarrow{\Delta} Cu_{(s)} + H_2O_{(v)}$$

المشاهدة

- تعكر ماء الجير الرائق.

التفسير

- يختزل الكربون الموجود فى المادة العضوية مركب أكسيد النحاس (II) مكونًا غاز ثانى أكسيد الكربون الذى يعكر ماء الجير الرائق.

$$C + 2CuO_{(s)} \xrightarrow{\Delta} 2Cu_{(s)} + CO_{2(g)}$$

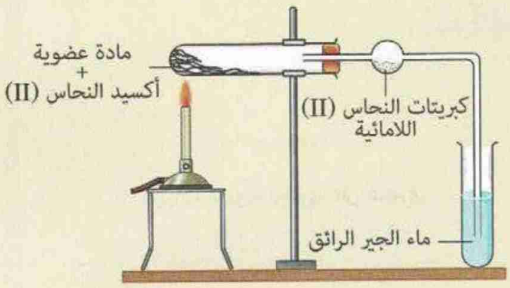
الاستنتاج

- تحتوى المركبات العضوية على عنصرى الكربون و الهيدروچين بشكل أساسى.

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: الكشف عن الكربون والهيدروچين فى المواد العضوية معمليًا.

الشكل المقابل : يوضح الجهاز المستخدم فى الكشف عن وجود عنصرى الكربون و الهيدروچين فى المركبات العضوية.



أى مما يأتى يعبر عن المادة العضوية المستخدمة والتغير الحادث فى كتلة كل من أكسيد النحاس (II) و كبريتات النحاس (II) اللامائية و ماء الجير الرائق ؟

الاختيارات	المادة العضوية	أكسيد النحاس (II)	كبريتات النحاس (II) اللامائية	ماء الجير الرائق
أ	ريش طائر	تقل كتلته	تزداد كتلتها	تقل كتلته
ب	سيانات الأمونيوم	تقل كتلته	تقل كتلتها	تزداد كتلته
جـ	ورق	تزداد كتلته	تقل كتلتها	تقل كتلته
د	بلاستيك	تقل كتلته	تزداد كتلتها	تزداد كتلته

فكرة الحل :

∵ سيانات الأمونيوم مركب غير عضوى.

∴ يستبعد الاختيار (ب)

∵ الهيدروچين الموجود فى المادة العضوية يختزل مركب أكسيد النحاس (II) إلى نحاس وبالتالى تقل كتلته.

$$2H + CuO_{(s)} \xrightarrow{\Delta} Cu_{(s)} + H_2O_{(v)}$$

∴ يستبعد الاختيار (جـ)

∵ الكربون الموجود فى المادة العضوية يختزل أكسيد النحاس (II) مكونًا غاز ثانى أكسيد الكربون الذى يعكر ماء الجير الرائق وبالتالى تزداد كتلته.

$$C + 2CuO_{(s)} \xrightarrow{\Delta} 2Cu_{(s)} + CO_{2(g)}$$

∴ يستبعد الاختيار (أ)

الحل : الاختيار الصحيح : (د)

تصنيف المركبات العضوية

- يتكون البناء الأساسى لأى مركب عضوى من عنصرى الكربون و الهيدروچين، ويمكن تصنيف المركبات العضوية كما يتضح من المخطط التالى :

المركبات العضوية

هيدروكربونات

مركبات عضوية تحتوى على عنصرى الكربون و الهيدروچين فقط

مثل

C_2H_6

C_3H_8

مشتقات هيدروكربونية

مركبات عضوية تحتوى على عنصرى الكربون والهيدروچين بالإضافة لعناصر أخرى كالأكسچين والنيتروچين وغيرها

مثل

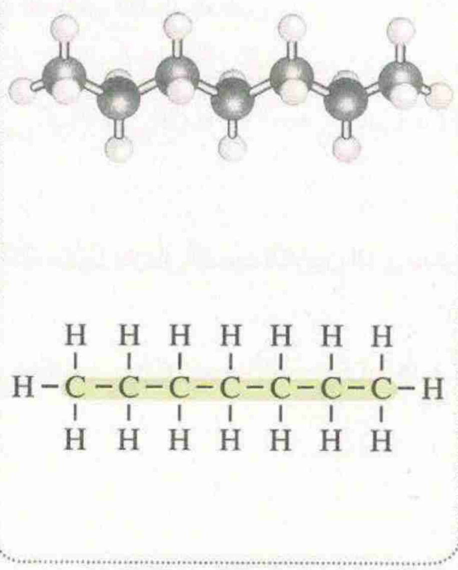
C_2H_5OH

CH_3NH_2

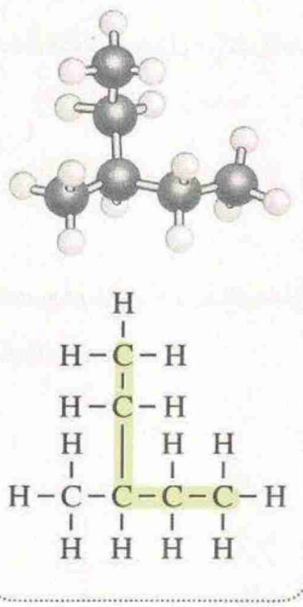
الهيدروكربونات

- هى مركبات عضوية تحتوى على عنصرى الكربون والهيدروچين فقط.
- تتخذ مركبات الهيدروكربونات إحدى هذه الصور الثلاث :

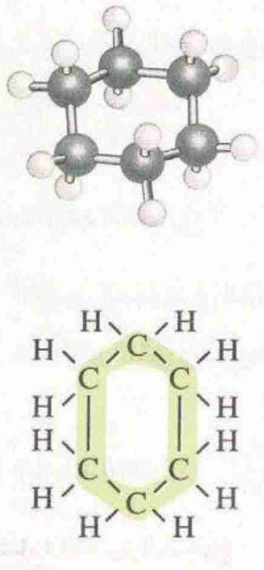
سلسلة مستقيمة



سلسلة متفرعة

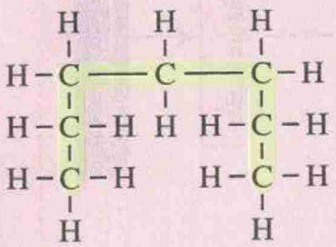


حلقة متجانسة

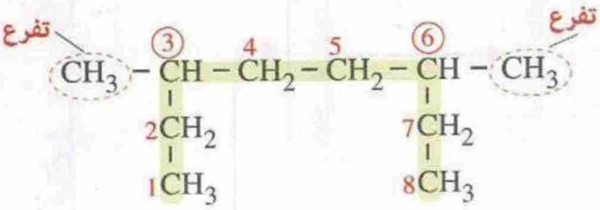


خطأ شائع

من الأخطـاء الشـائعة افتـراض أن الصيغة البنائية المقابلة تعبر عن سلسلة متفرعة بناءً على شكلها، **والصواب أنها** تعبر عن سلسلة مستقيمة حيث تتصل كل ذرات الكربون معًا فى سلسلة واحدة.



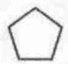
الصيغة البنائية المقابلة تعبر عن سلسلة متفرعة، **حيث** يحدث تفرع عند ذرتى الكربون ③ ، ⑥.



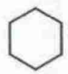


تصنيـــف الهيـدروكـربــونـــات

- **أليفاتيـــــة**
  - **مفتوحة السلسلة**
    - **مشبعـة**
      - **الكانـات** (برافينات): ترتبط جميع ذرات كربـــون السلسلة بروابط **أحاديـة**
        - صيغتها العامة: C_nH_{2n+2}
        - مثل:
          - CH_4 ميثان: $H-\underset{H}{\overset{H}{C}}-H$
          - C_2H_6 إيثان: $H-\underset{H}{\overset{H}{C}}-\underset{H}{\overset{H}{C}}-H$
    - **غير مشبعة**
      - **الكينـات** (أوليفينات): يوجد بيـن ذرات كربـــون السلسلة رابطة **ثنائية** أو أكثر
        - صيغتها العامة: C_nH_{2n}
        - مثل:
          - C_2H_4 إيثين: $H_2C=CH_2$
          - C_3H_6 بروبين: $H_2C=CH-CH_3$
      - **الكاينـات** (أسيتيلينات): يوجد بيـن ذرات كربـــون السلسلة رابطة **ثلاثية** أو أكثر
        - صيغتها العامة: C_nH_{2n-2}
        - مثل:
          - C_2H_2 إيثاين: $H-C\equiv C-H$
          - C_3H_4 بروباين: $H-C\equiv C-\underset{H}{\overset{H}{C}}-H$
  - **حلقيـة مشبعـة**
    - **الكانات حلقية**: ترتبط جميع ذرات كربون الحلقـة بروابط **أحادية**
      - صيغتها العامة: C_nH_{2n}
      - مثل:



C_5H_{10} بنتان حلقي

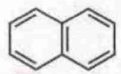


C_6H_{12} هكسان حلقي

- **أروماتيـــــة**
  - **حلقيـة غير مشبعـة**
    - يحتوى المركب على 6 ذرات كربون على الأقل
    - مثل:



C_6H_6 بنزين عطرى

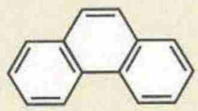
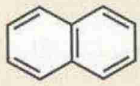


$C_{10}H_8$ نفثالين

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: تصنيف المركبات العضوية.

❶ من المركبات التالية :

			
المركب (Z)	المركب (Y)	المركب (X)	المركب (W)

كل مما سبق يُعد من الهيدروكربونات (A) ، عدا المركب ....

الاختيارات	الهيدروكربونات (A)	المركب
Ⓐ	الحلقية غير الأروماتية	(X)
ⓑ	الحلقية غير الأروماتية	(Z)
ⓙ	الأروماتية	(W)
ⓓ	الأروماتية	(Y)

◂ **فكـرة الحـل :**

المركب الأروماتى يحتوى على الأقل على 6 ذرات كربون وجميعها حلقية.

◂ **الحـل :** الاختيار الصحيح : ⓙ

---

❷ **ألكان ذو سلسلة متفرعة كتلته المولية 58 g/mol استنتج الصيغة الجزيئية لهذا المركب، مع رسم صيغته البنائية.**

[C = 12 , H = 1]

◂ **فكـرة الحـل :**

من الصيغة العامة للألكانات : C_nH_{2n+2}

$$12n + 2n + 2 = 58$$

$$14n = 56 \Rightarrow n = 4$$

◂ **الحـل :** الصيغة الجزيئية : C_4H_{10}

الصيغة البنائية : $H_3C - \underset{\underset{CH_3}{|}}{C} - CH_3$

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: تصنيف الهيدروكربونات إلى أنواعها المختلفة.

١ كل مما يلي يُعبر عن تصنيف الهيدروكربونات،

عدا ....

(أ) أليفاتية ← مفتوحة السلسلة ← مشبعة.

(ب) أليفاتية ← حلقية ← مشبعة.

(جـ) أليفاتية ← مفتوحة السلسلة ← غير مشبعة.

(د) أليفاتية ← أروماتية ← حلقية غير مشبعة.

فكرة الحل :

∵ الهيدروكربونات الأليفاتية إما أن تكون مفتوحة السلسلة أو حلقية.

∴ تستبعد الاختيارات (أ)، (ب)، (جـ)

∵ الهيدروكربونات إما أن تكون أليفاتية أو أروماتية.

الحل : الاختيار الصحيح : (د)

٢ الهيدروكربون الذى صيغته الجزيئية $C_{20}H_{40}$

يعتبر من ....

(أ) الألكانات.

(ب) الألكينات الحلقية.

(جـ) الألكاينات.

(د) الهيدروكربونات غير المشبعة.

فكرة الحل :

∵ الصيغة الجزيئية $C_{20}H_{40}$ تتبع الصيغة العامة C_nH_{2n}

∴ هذا الهيدروكربون قد ينتمى إلى سلسلة الألكينات وهى هيدروكربونات غير مشبعة أو سلسلة الألكانات الحلقية المشبعة.

الحل : الاختيار الصحيح : (د)

الألكانات (البرافينات)

◂ **الألكانات هى** هيدروكربونات أليفاتية مشبعة مفتوحة السلسلة الكربونية، ترتبط ذرات الكربون فى جزيئاتها بروابط **أحادية** قوية من النوع **سيجما (σ)**.

◂ **الصيغة العامة (القانون العام)** للألكانات

مفتوحة السلسلة : C_nH_{2n+2}

حيث (n) يساوى عدد ذرات الكربون فى المركب.

للإيضاح فقط

◂ توصف الألكانات بأنها **مشبعة** لأن جميع الروابط فى جزيئاتها أحادية من النوع سيجما، وبالتالى تُظهر ميلاً ضعيفاً للتفاعلات الكيميائية.

◂ اشتق مصطلح **البرافينات** من أصل كلمتين لاتينيتين معناهما «قليل الميل».

مثال

ما عدد ذرات الهيدروجين فى الألكان الذى يحتوى على 3 ذرات كربون ؟
وما النسبة المئوية الكتلية للكربون فى هذا المركب ؟ [C = 12 , H = 1]

الحل

∵ الصيغة العامة للألكانات : C_nH_{2n+2} ، n = عدد ذرات الكربون = 3

∴ عدد ذرات الهيدروجين فى هذا الألكان = $2n + 2 = (2 \times 3) + 2 = 8$

الكتلة المولية من $C_3H_8 = (3 \times 12) + (8 \times 1) = 44$ g/mol

النسبة المئوية الكتلية للكربون = $\frac{\text{كتلة الكربون فى مول من المركب}}{\text{الكتلة المولية للمركب}} \times 100\% = \frac{3 \times 12}{44} \times 100\% = 81.8\%$

تسمية المركبات العضوية

١ التسمية الشائعة :

◂ أطلق الكيميائيون القدامى على المركبات العضوية التى كانوا يعرفونها – آنذاك – أسماء تشير غالبًا إلى المصدر الذى استخلص منه هذه المركبات وقد عُرفت هذه الأسماء **بالأسماء الشائعة**.

٢ التسمية حسب نظام الأيوباك :

◂ مع التقدم المستمر وكثرة المركبات العضوية أصبح من الضرورى إيجاد طريقة منظمة لتسمية هذه المركبات، ولهذا قام الاتحاد الدولى للكيمياء البحتة والتطبيقية – والذى يترجم إلى –

International Union of Pure and Applied Chemistry

I U P A C

بوضع نظام بقواعد محددة لتسمية المركبات العضوية، يُعرف بنظام الأيوباك **IUPAC**، يُمكن كل من يقرأ أو يكتب اسم المركب من التعرف الدقيق على تركيبه البنائى.

★ وفيما يلى سوف يتم التعرف على تسمية الألكانات مفتوحة السلسلة **المستقيمة** و **المتفرعة** حسب نظام الأيوباك :

أولاً تسمية الألكانات مستقيمة السلسلة حسب نظام الأيوباك

- تتم تسمية الألكانات مستقيمة السلسلة **بإضافة الخاتمة (– ان)** إلى **البادئة المعبرة عن** عدد ذرات الكربون فى المركب.

بادئة ← تعبر عن عدد ذرات الكربون

خاتمة ← – ان

- **ويوضح الجدول المقابل أسماء البادئات المعبرة عن عدد ذرات الكربون فى المركب :**

عدد ذرات الكربون	أسماء البادئات	
1	ميث –	meth –
2	إيث –	eth –
3	بروب –	prop –
4	بيوت –	but –
5	بنت –	pent –
6	هكس –	hex –
7	هبت –	hept –
8	أوكت –	oct –
9	نون –	non –
10	ديك –	dec –

للإيضاح فقط

البادئات (ميث ، إيث ، بروب ، بيوت) هى أسماء شائعة، أما أسماء البادئات التالية لها فهى مقاطع يونانية تعبر عن أعدادها (بنت تعنى خمسة، هكس تعنى ستة، وهكذا ....)

مثال ١

اكتب تسمية الأيوباك للمركب المُعبر عنه بالصيغة البنائية التالية :

$$\begin{array}{r} CH_3 \\ | \\ CH_3-(CH_2)_5-CH_2 \end{array}$$

فكرة الحل

∵ الصيغة الجزيئية لهذا المركب C_8H_{18} وجميع ذرات الكربون تتصل معًا فى سلسلة واحدة.

∴ هذه الصيغة تعبر عن ألكان مستقيم السلسلة، «حيث ينطبق عليه القانون العام للألكانات C_nH_{2n+2}»

∵ هذا الألكان يحتوى على 8 ذرات كربون. ∴ بادئة اسم المركب : أوكت –

∵ المركب ألكان مستقيم السلسلة. ∴ خاتمة اسم المركب : –ان

الحل

اسم هذا المركب : أوكتان.

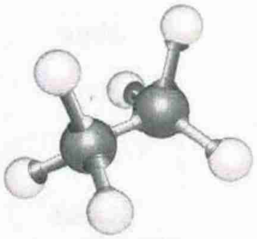
مثال ٢

اكتب الصيغة الجزيئية و البنائية للإيثان.

فكرة الحل

∵ بادئة اسم المركب : إيث – ∴ المركب يحتوى على 2 ذرة كربون.

∵ خاتمة اسم المركب : – ان ∴ المركب من الألكانات التى صيغتها العامة : C_nH_{2n+2}



جزىء إيثان

بالتعويض عن قيمة (n) فى الصيغة العامة للألكانات بالمقدار 2

∴ الصيغة الجزيئية للإيثان : $C_2H_{(2\times2)+2} \longrightarrow C_2H_6$

∵ الإيثان من الألكانات.

∴ كل الروابط بين ذرات الكربون من النوع سيجما الأحادية.

∴ الصيغة البنائية للإيثان :

$$\begin{array}{ccccc} & H & & H & \\ & | & & | & \\ H- & C & - & C & -H \\ & | & & | & \\ & H & & H & \end{array}$$

الحل

الصيغة الجزيئية للإيثان : C_2H_6 ، الصيغة البنائية للإيثان :

$$\begin{array}{ccccc} & H & & H & \\ & | & & | & \\ H- & C & - & C & -H \\ & | & & | & \\ & H & & H & \end{array}$$

مثال ٣

اكتب الصيغة الجزيئية و البنائية لكل من :

(١) الميثان. (٢) البروبان. (٣) البنتان.

فكرة الحل / الحل

المركب	عدد ذرات كربون المركب (n)	تطبيق الصيغة العامة (C_nH_{2n+2})	الصيغة الجزيئية	الصيغة البنائية
(١) الميثان	1	$C_1H_{(2\times1)+2}$	CH_4	$\begin{array}{ccc} & H & \\ & \vert & \\ H- & C & -H \\ & \vert & \\ & H & \end{array}$
(٢) البروبان	3	$C_3H_{(2\times3)+2}$	C_3H_8	$\begin{array}{ccccccc} & H & & H & & H & \\ & \vert & & \vert & & \vert & \\ H- & C & - & C & - & C & -H \\ & \vert & & \vert & & \vert & \\ & H & & H & & H & \end{array}$
(٣) البنتان	5	$C_5H_{(2\times5)+2}$	C_5H_{12}	$\begin{array}{ccccccccccc} & H & & H & & H & & H & & H & \\ & \vert & & \vert & & \vert & & \vert & & \vert & \\ H- & C & - & C & - & C & - & C & - & C & -H \\ & \vert & & \vert & & \vert & & \vert & & \vert & \\ & H & & H & & H & & H & & H & \end{array}$

السلسلة المتجانسة

يوضح الجدول الآتى الصيغ الجزيئية والبنائية والكتل المولية لأول عشـرة ألكانات مستقيمة السلسلة :

الألكان	الصيغة الجزيئية	الصيغة البنائية	الكتلة المولية (g/mol) [C = 12 , H = 1]
ميثان	CH_4	CH_4	16
إيثان	C_2H_6	CH_3CH_3	16 + 14 = 30
بروبان	C_3H_8	$CH_3CH_2CH_3$	30 + 14 = 44
بيوتان	C_4H_{10}	$CH_3(CH_2)_2CH_3$	44 + 14 = 58
بنتان	C_5H_{12}	$CH_3(CH_2)_3CH_3$	58 + 14 = 72
هكسان	C_6H_{14}	$CH_3(CH_2)_4CH_3$	72 + 14 = 86
هبتان	C_7H_{16}	$CH_3(CH_2)_5CH_3$	86 + 14 = 100
أوكتان	C_8H_{18}	$CH_3(CH_2)_6CH_3$	100 + 14 = 114
نونان	C_9H_{20}	$CH_3(CH_2)_7CH_3$	114 + 14 = 128
ديكان	$C_{10}H_{22}$	$CH_3(CH_2)_8CH_3$	128 + 14 = 142

- **ويتضح من مجموعة المركبات الموضحة بالجدول السابق** أنه يجمعها قانون جزيئى عام هو (C_nH_{2n+2}) ، ويلاحظ أن كل مركب منها يزيد عن المركب الذى يسبقه بمجموعة ميثيلين Methylene $(\text{-}CH_2\text{-})$ كتلتها المولية 14 g/mol، وتُعرف مثل هذه السلسلة باسم السلسلة المتجانسة وهى تتميز بتشابه خواصها الكيميائية وتدرج خواصها الفيزيائية.
- **وهناك العديد من السلاسل المتجانسة الأخرى سوف يرد الحديث عنها، كلٍ فى حينه.**

مثال

ألكان (X) كتلته المولية 198 g/mol : [C = 12 , H = 1]

(١) ما الكتلة المولية للألكان (Y) الذى يليه مباشرةً فى نفس السلسلة المتجانسة ؟

(٢) استنتج الصيغة الجزيئية للألكان (X).

الحــل

(١) ∵ كل ألكان يزيد عن الألكان الذى يسبقه مباشرةً بمجموعة ميثيلين كتلتها المولية 14 g/mol

∴ الكتلة المولية للألكان (Y) = 198 + 14 = **212 g/mol**

(٢) ∵ الصيغة العامة للألكانات : C_nH_{2n+2} ∴ الكتلة المولية للألكان (X) = 12n + 2n + 2 = 198

∴ 14n = 196 ومنها $n = \frac{196}{14} = 14$

∴ الصيغة الجزيئية للألكان (X) = $C_{14}H_{(2\times14)+2}$ = $\mathbf{C_{14}H_{30}}$

أداء ذاتى

استنتج الصيغة الجزيئية لهيدروكربون أليفاتى مشبع مستقيم السلسلة يحتوى الجزىء منه على 14 ذرة هيدروچين.

مجموعة (شق الألكيل) (R-)

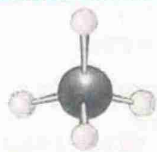
◂ **هى** مجموعة ذرية لا توجد منفردة وتشتق من الألكان المقابل بعد نزع ذرة هيدروچين منه.

تطبيق

المركب		المجموعة الذرية
ألكان R-H		ألكيل R-
القانون العام		القانون العام
C_nH_{2n+2}	-H	C_nH_{2n+1}
ينتهى بالخاتمة		تنتهى بالخاتمة
(- ان)		(- يل)

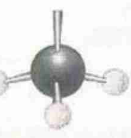
أمثلة

المركب	الصيغة		المجموعة	الصيغة
ميثان	CH_4	-H	م. ميثيل	CH_3-
إيثان	CH_3CH_3		م. إيثيل	CH_3CH_2-
بروبان	$CH_3CH_2CH_3$		م. بروبيل	$CH_3CH_2CH_2-$
بيوتان	$CH_3(CH_2)_2CH_3$		م. بيوتيل	$CH_3(CH_2)_2CH_2-$
بنتان	$CH_3(CH_2)_3CH_3$		م. بنتيل	$CH_3(CH_2)_3CH_2-$
هكسان	$CH_3(CH_2)_4CH_3$		م. هكسيل	$CH_3(CH_2)_4CH_2-$

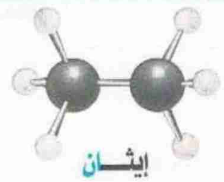


ميثان

-H

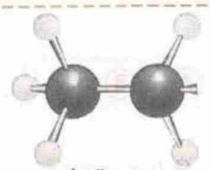


مجموعة ميثيل



إيثان

-H



مجموعة إيثيل

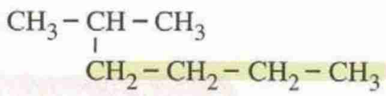
ثانيا تسمية الألكانات المتفرعة حسب نظام الأيوباك

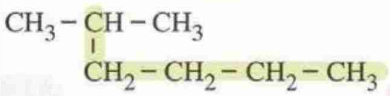
تتم عملية تسمية الصيغ البنائية للألكان المتفرع **باتباع الخطوات الأربعة التالية :**

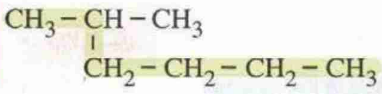
١ الخطوة الأولى تحديد خاتمة اسم الألكان (خاتمة اسم السلسلة الأساسية)

يتم تحديد خاتمة اسم الألكان بتحديد **عدد ذرات الكربون** فى **أطول** سلسلة كربونية متصلة (السلسلة الأساسية) فى الصيغة البنائية، سواء كانت مستقيمة أو منحنية.

تطبيق







أطول سلسلة متصلة فى هذا الاحتمال تحتوى على

4 ذرات كربون	خطأ ✗	5 ذرات كربون	خطأ ✗	6 ذرات كربون	صواب ✔

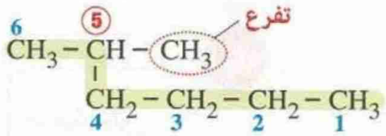
∵ **أطول** سلسلة متصلة من ذرات الكربون تحتوى على **6 ذرات كربون**

∴ **السلسلة الأساسية** فى هذه الصيغة البنائية هى لمركب **الهكسان**

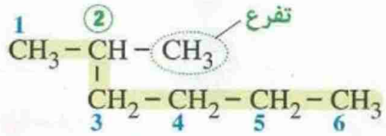
٢ الخطوة الثانية ترقيم ذرات الكربون فى السلسلة الأساسية، مع مراعاة :

أ **ترقيم السلسلة الأساسية من الطرف الأقرب** لنقطة التفرع عند وجود **تفرع واحد** فى الصيغة البنائية.

تطبيق



ترقيم خطأ ✗

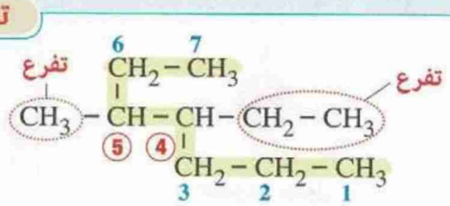


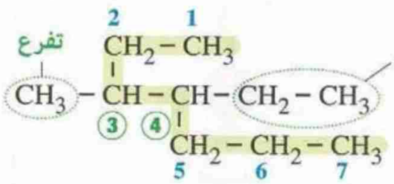
ترقيم صواب ✔

لأن الترقيم يجب أن يبدأ من الطرف **الأقرب** لنقطة التفرع

ب **ترقيم السلسلة الأساسية من الطرف** الذى يؤدى إلى تحديد نقاط التفرع **بأقل مجموع ممكن** عند وجود **أكثر من تفرع** فى الصيغة البنائية.

تطبيق ١



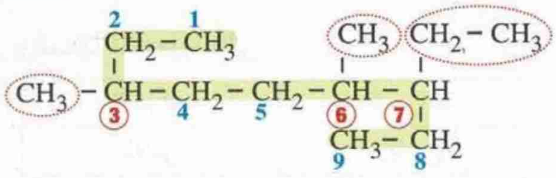


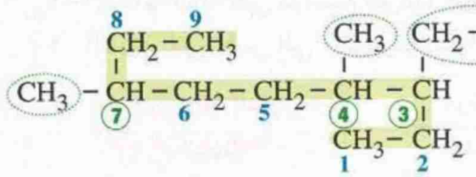
∵ **مجموع نقاط التفرع فى هذا الاحتمال :**

④ + ⑤ = 9	$7 < 9$	③ + ④ = 7
ترقيم خطأ ✗		ترقيم صواب ✔

لأن مجموع نقاط التفرع يجب أن يكون **أقل** ما يمكن

تطبيق ٢





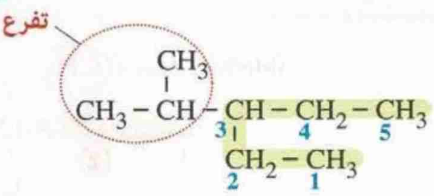
∵ **مجموع نقاط التفرع فى هذا الاحتمال :**

③ + ⑥ + ⑦ = 16	14 < 16	③ + ④ + ⑦ = 14
ترقيم خطأ ✗		ترقيم صواب ✔

لأن مجموع نقاط التفرع يجب أن يكون **أقل** ما يمكن

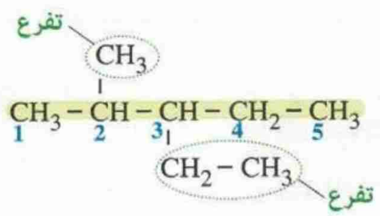
ج **اختيار السلسلة الأساسية الأكثر تفرعًا** كأساس للتسمية **عند تساوى** عدد ذرات كربون السلسلة الأساسية فى صيغتين بنائيتين لنفس المركب.

تطبيق



ترقيم خطأ ✗

لأن السلسلة الأساسية فى هذا الاحتمال هى لمركب البنتان مع **تفرع واحد**



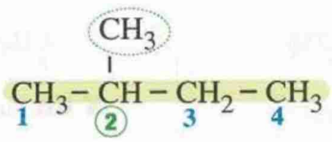
ترقيم صواب ✔

لأن السلسلة الأساسية فى هذا الاحتمال هى لمركب البنتان مع **تفرعين**

٣ **الخطوة الثالثة تحديد مقدمة اسم المركب (مواضع وأسماء المجموعات المتفرعة)، مع مراعاة الآتى :**

أ **يُسبق اسم كل تفرع** بالرقم الدال على **موضع تفرعه** فى السلسلة الأساسية، **مع الفصل** بين الرقم والاسم بشرطة (-).

تطبيق



∵ مجموعة **الميثيل** متفرعة من ذرة الكربون ②

∴ مقدمة اسم هذا المركب : **2- ميثيل**

ب **عند تكرار تفرع** مجموعة أو ذرة ما من السلسلة الأساسية **يضاف إلى اسمها :**

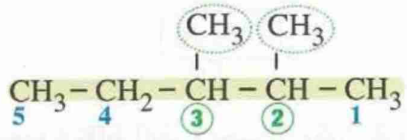
١- الأرقام الدالة على مواضع تفرعها من السلسلة.

٢- البادئة التى تشير إلى عدد مرات تكرارها والتى يوضحها الجدول التالى :

عدد مرات التكرار	مرتين	٣ مرات	٤ مرات
البادئة	ثنائى	ثلاثى	رباعى

★ يتم الفصل بين : • الرقم والرقم بفصلة (،). • الرقم والاسم بشرطة (-).

تطبيـق

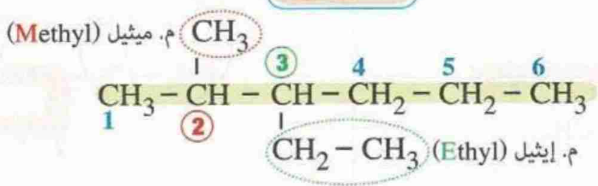


∵ هناك **مجموعتى ميثيل** - متماثلتين - متفرعتين من الموضعين ②، ③

∴ مقدمة اسم هذا المركب : **2 ، 3- ثنائى ميثيل.**

ج **ترتب التفرعات أبجديًا** حسب أسمائها **اللاتينية (الإنجليزية مجازًا)** دون التقيد **بالترتيب الرقمى** لها على ذرات كربون السلسلة الأساسية.

تطبيـق



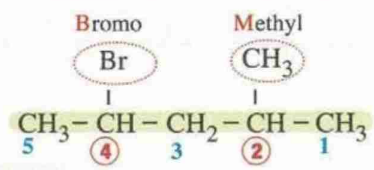
2- ميثيل -3- إيثيل تسمية **خطأ** ✗ | **3- إيثيل -2- ميثيل** تسمية **صواب** ✔

لأن حرف **E** يسبق حرف **M** أبجديًا

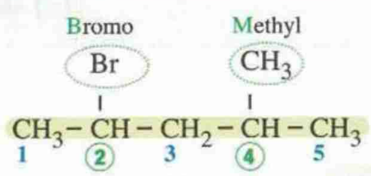
∴ تكتب **مجموعة الإيثيل** قبل **مجموعة الميثيل** عند تحديد مقدمة اسم المركب

د **عند تساوى مجموع** نقاط تفرعين مختلفين، **يأخذ** التفرع ذو **الحرف الأبجدى المتقدم** الترتيب **الرقمى الأصغر**، بينما يأخذ التفرع ذو **الحرف الأبجدى المتأخر** الترتيب الرقمى **الأكبر**.

تطبيـق



2- ميثيل - 4- برومو تسمية **خطأ** ✗



2- برومو - 4- ميثيل تسمية **صواب** ✔

لأن مجموع نقاط التفرعين متساوى فى الاحتمالين

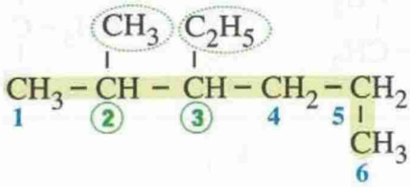
② + ④ = 6 | 6 = 6 | ② + ④ = 6

وحرف **B** يسبق حرف **M** أبجديًا

٤ الخطوة الرابعة الصيغة النهائية لاسم الألكان المتفرع

الصيغة النهائية لاسم الألكان تتم **بإضافة خاتمة** اسم المركب (اسم السلسلة الأساسية) إلى **مقدمة اسم المركب**.

تطبيق



∵ مقدمة اسم المركب : 3- إيثيل -2- ميثيل

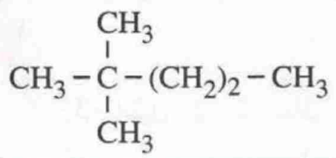
∵ السلسلة الأساسية فى هذا الألكان تحتوى على 6 ذرات كربون متصلة. ∴ خاتمة اسم المركب : هكسان.

∴ الصيغة النهائية لاسم هذا الألكان المتفرع : 3- إيثيل -2- ميثيل هكسان.

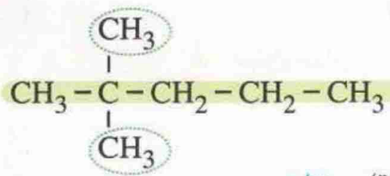
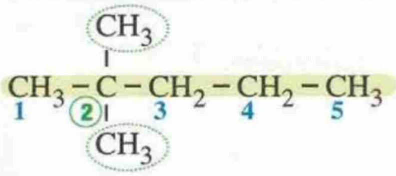
مثال ١

اكتب تسمية الأيوباك للمركب

المعبر عنه بالصيغة البنائية المقابلة :



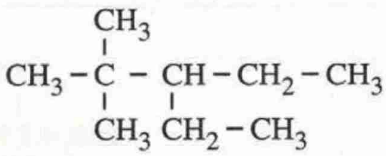
فكرة الحل

خطوات الحل		التطبيـــــــــق
الخطوة الأولى	تحديد خاتمة اسم المركب	يتم رسم الصيغة البنائية للمركب بشكل يسهل تحديد عدد ذرات الكربون فى السلسلة الأساسية ∵ أطول سلسلة متصلة من ذرات الكربون تحتوى على 5 ذرات كربون. ∴ خاتمة اسم المركب (السلسلة الأساسية) : بنتان. 
الخطوة الثانية	ترقيم ذرات الكربون فى السلسلة الأساسية	التفرع ينشأ من ذرة الكربون رقم ② 
الخطوة الثالثة	تحديد مقدمة اسم المركب	∵ هناك مجموعتى ميثيل متفرعتين من الموضع ② ∴ مقدمة اسم المركب : 2،2- ثنائى ميثيل.
الخطوة الرابعة	الصيغة النهائية لاسم المركب	مقدمة الاسم: 2،2- ثنائى ميثيل — خاتمة الاسم: بنتان

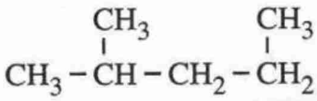
مثال ٢

اكتب تسمية الأيوباك للألكانات المتفرعة التالية :

١



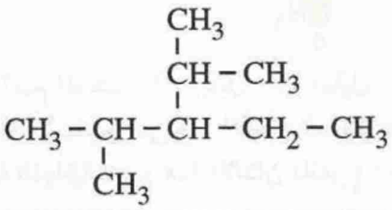
٢



٣

$CH_3CH(C_2H_5)_2$

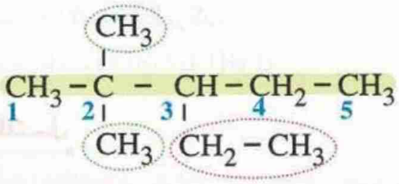
٤



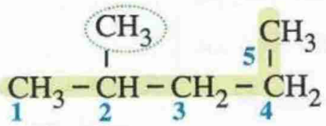
الحل

للإيضاح فقط

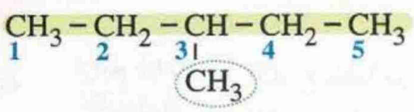
١ 3- إيثيل -2 ، 2- ثنائي ميثيل بنتان



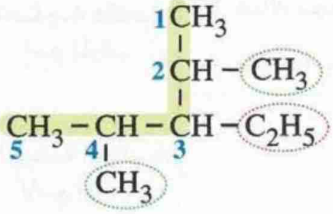
٢ 2- ميثيل بنتان



٣ 3- ميثيل بنتان



٤ 3- إيثيل -2 ، 4- ثنائي ميثيل بنتان



رسم الصيغ البنائية للألكانات المتفرعة بناءً على أسمائها بنظام الأيوباك

مثال تطبيقى

ارسم الصيغة البنائية لمركب 2– ميثيل هكسان.

تعتمد فكرة الحل على مهارة تحليل اسم المركب، كما يتضح من المخطط المقابل ثم تحويل ما تم استنباطه إلى رسم الصيغة البنائية من خلال اتباع الخطوات التالية :

2– ميثيل هكسان

1. أطول سلسلة كربونية (السلسلة الأساسية) تحتوى على 6 ذرات كربون
2. تتفرع مجموعة ميثيل من ذرة الكربون رقم 2

	خطوات الحل	التطبيق
الخطوة الأولى	رسم سلسلة تتكون من 6 ذرات كربون	C – C – C – C – C – C 1 2 3 4 5 6
الخطوة الثانية	إضافة مجموعة ميثيل على ذرة الكربون رقم 2	CH_3 على الكربون 2 C – C – C – C – C – C 1 2 3 4 5 6
الخطوة الثالثة	إضافة ذرات هيدروچين إلى ذرات الكربون بما يُكمل تكافؤها الرباعى	انظر الصيغة أدناه

```
  H   CH3  H    H    H    H
  |    |   |    |    |    |
H-C -  C - C -  C -  C -  C-H
  |    |   |    |    |    |
  H    H   H    H    H    H
```

مثال

ارسم الصيغة البنائية للمركب 2 ، 2 ، 4– ثلاثى ميثيل بنتان، مع كتابة صيغته الجزيئية.

الحــل

لرسم الصيغة البنائية يتم اتباع نفس خطوات المثال التطبيقى السابق

* الصيغة البنائية للمركب :

```
  H  CH3  H  CH3  H
  |   |   |   |   |
H-C - C - C - C - C-H
  |   |   |   |   |
  H  CH3  H   H   H
```

لكتابة الصيغة الجزيئية يلزم معرفة نوع وعدد الذرات المكونة للمركب

∵ المركب يحتوى على : • 8 ذرات كربون. • 18 ذرة هيدروچين.

∴ الصيغة الجزيئية للمركب : C_8H_{18}

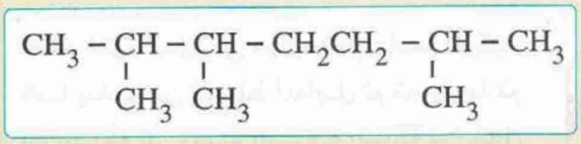
للتأكد من صحة الإجابة يتم التعويض عن قيمة n بالمقدار 8 فى القانون العام للألكانات : C_nH_{2n+2}

$$C_8H_{(2\times8)+2} \longrightarrow C_8H_{18}$$

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: تسمية المركبات العضوية (الألكانات) بنظام الأيوباك.

١ ما تسمية الأيوباك للمركب المقابل ؟



Ⓐ 2،5،6– ثلاثى ميثيل هكسان.

Ⓑ 2،3،6– ثلاثى ميثيل هبتان.

Ⓒ 2،5،6– ثلاثى ميثيل هبتان.

Ⓓ 2،3،6– ثلاثى ميثيل هكسان.

فكرة الحـل :

∵ أطول سلسلة كربونية متصلة تحتوى على 7 ذرات كربون.

∴ خاتمة اسم المركب (السلسلة الأساسية) : هبتان.

وعليه يتم استبعاد الاختيارين Ⓐ ، Ⓓ

∵ هناك 3 مجموعات ميثيل متفرعة من ذرات الكربون 2 ، 3 ، 6

∴ يستبعد الاختيار Ⓒ

الحـل : الاختيار الصحيح : Ⓑ

---

٢ ما تسمية الأيوباك الصحيحة للمركب الذى سُمىَّ خطأ باسم 3– إيثيل بيوتان ؟

Ⓐ 2– إيثيل بيوتان.

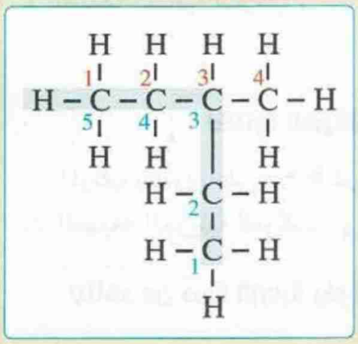
Ⓑ 2– بروبيل بيوتان.

Ⓒ 3– ميثيل بنتان.

Ⓓ 1– ميثيل –1 ، 1– ثنائى إيثيل بروبان.

فكرة الحـل :

الصيغة البنائية المقابلة للمركب حسب تسميته الخطأ :



∵ أطول سلسلة كربونية متصلة تحتوى على 5 ذرات كربون.

∴ خاتمة اسم المركب : بنتان.

∵ هناك مجموعة ميثيل متفرعة من ذرة الكربون 3

∴ تسمية الأيوباك الصحيحة لهذا المركب : 3 – ميثيل بنتان.

الحـل : الاختيار الصحيح : Ⓒ

مشتقات الألكانات الهالوچينية (RX)

تُعرف عناصر المجموعة 7A (17) فى الجدول الدورى الحديث باسم **الهالوچينات**، وتُعرف أيوناتها السالبة باسم **الهاليدات** **ويوضح الجدول التالى الهالوچينات وهاليداتها المقابلة :**

الهالوچين (X)	الهاليد (X^-)
الفلور	الفلوريد
الكلور	الكلوريد
البروم	البروميد
اليود	اليوديد

هناك طريقتان لتسمية مشتقات الألكانات الهالوچينية، وهما :

- **التسمية الشائعة :** علـى وزن **هاليد** ألكيل.
- **تسمية الأيوباك :** على وزن **هالوألكان**،

حيث يكتب اسم الهالوچين منتهيًا بالحرف (و) يعقبه اسم الألكان المكون لمجموعة الألكيل.

ويوضح الجدول الآتى بعض مشتقات الألكانات الهالوچينية وتسميتها :

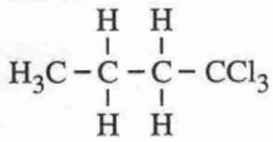
الألكان	الميثان	الإيثان	البروبان
المشتق الهالوچينى	CH_3Cl	C_2H_5Br	$CH_3CH_2CH_2I$
التسمية الشائعة (هاليد ألكيل)	كلوريد ميثيل	بروميد إيثيل	يوديد بروبيل
تسمية الأيوباك (هالوألكان)	كلوروميثان	برومو إيثان	يودوبروبان

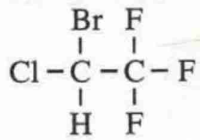
الجدول التالى يوضح بعض التفرعات مرتبة أبجديًا تبعًا لأسمائها :

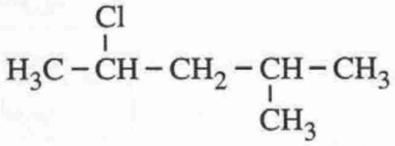
	الاسم		الرمز
١	برومو	Bromo	$-Br$
٢	كلورو	Chloro	$-Cl$
٣	إيثيل	Ethyl	$-C_2H_5$
٤	فلورو	Fluoro	$-F$
٥	يودو	Iodo	$-I$
٦	ميثيل	Methyl	$-CH_3$

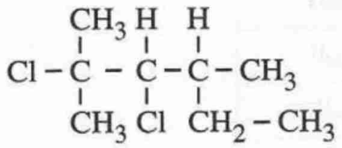
مثال ١

اكتب أسماء المركبات الآتية تبعًا لنظام الأيوباك :

١


٢


٣


٤


الحل

١ 1،1،1– ثلاثى كلوروبيوتان.

٢ 2– برومو –2– كلورو –1،1،1– ثلاثى فلوروإيثان.

٣ 2– كلورو –4– ميثيل بنتان.

٤ 2 ،3– ثنائى كلورو –2 ،4– ثنائى ميثيل هكسان.

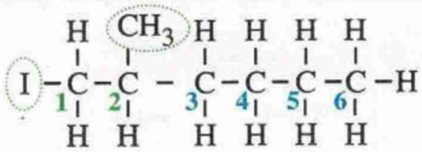
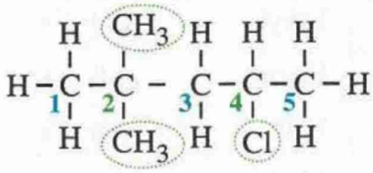
مثال ٢

اكتب الصيغة البنائية والصيغة الجزيئية لكل مركب من المركبين التاليين :

١ 1– يودو –2– ميثيل هكسان.

٢ 4– كلورو –2 ،2– ثنائى ميثيل بنتان.

الحل

	المركب	الصيغة البنائية	الصيغة الجزيئية
١	1– يودو –2– ميثيل هكسان		$C_7H_{15}I$
٢	4– كلورو –2 ، 2– ثنائى ميثيل بنتان		$C_7H_{15}Cl$

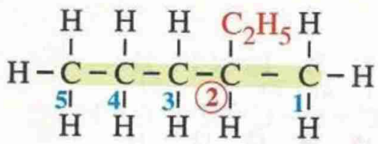
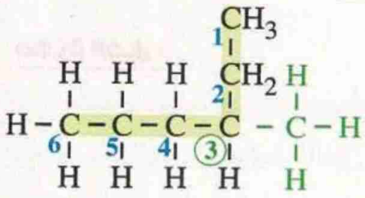
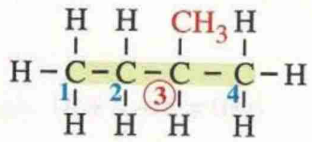
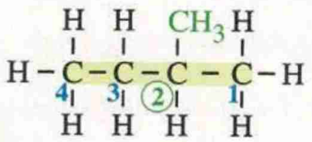
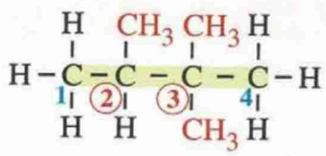
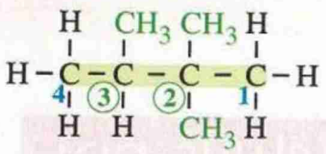
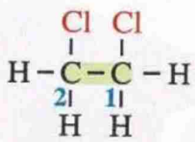
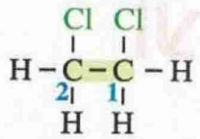
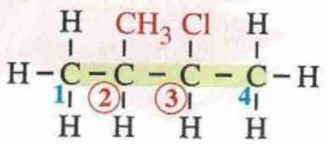
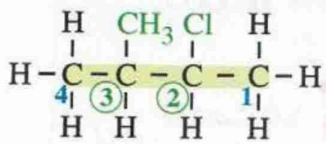
مثال ٣

اكتب الصيغ البنائية للمركبات التالية، موضحًا وجه الاعتراض على هذه التسمية، ثم اكتب الاسم الصحيح لكل منها تبعًا لنظام الأيوباك :

١ 2- إيثيل بنتان.	٢ 3- ميثيل بيوتان.	٣ 2، 3، 3- ثلاثى ميثيل بيوتان.

٤ 1- كلورو -2- كلوروإيثان.	٥ 2- ميثيل -3- كلوروبيوتان.

الحل

	الصيغة البنائية للمركب	وجه الاعتراض على التسمية	التسمية الصحيحة
١	 2- إيثيل بنتان ✘	لم ينسب اسم المركب لأطول سلسلة كربونية	 3- ميثيل هكسان ✔
٢	 3- ميثيل بيوتان ✘	الترقيم لم يبدأ من الطرف الأقرب للتفرع	 2- ميثيل بيوتان ✔
٣	 2، 3، 3- ثلاثى ميثيل بيوتان ✘	الترقيم لم يبدأ من الطرف الصحيح الذى يحقق أقل مجموع لأرقام التفرعات	 2، 2، 3- ثلاثى ميثيل بيوتان ✔
٤	 1- كلورو -2- كلوروإيثان ✘	لم يستخدم المقطع ثنائى للدلالة على عدد مرات تكرار التفرعات	 1، 2- ثنائى كلوروإيثان ✔
٥	 2- ميثيل -3- كلوروبيوتان ✘	ترتيب أسماء التفرعات لم يتبع الترتيب الأبجدى الصحيح لبدايات أسماء التفرعات	 2- كلورو -3- ميثيل بيوتان ✔

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: تسمية المركبات العضوية (مشتقات الألكانات الهالوجينية) بنظام الأيوباك.

ما تسمية الأيوباك للمركب : $CH_2ICH_2CHBrCHClCH_3$ ؟

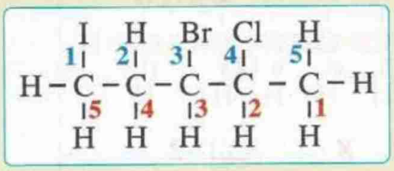
ⓐ 3– برومو –2– كلورو –5– يودوبنتان.

ⓑ 2– كلورو –3– برومو –5– يودوبنتان.

ⓒ 1– يودو –3– برومو – 4 – كلوروبنتان.

ⓓ 3– برومو – 4 – كلورو –1– يودوبنتان.

فكرة الحل :



∵ التفرعات ترتب أبجديًا حسب أسمائها باللغة الإنجليزية.

∴ ترتب التفرعات بالترتيب كالتالى : برومو ، كلورو ، يودو.

وعليه يتم استبعاد الاختيارين ⓑ ، ⓒ

∵ ترقيم السلسلة الأساسية يكون من الطرف الذى يؤدى إلى تحديد نقاط التفرع بأقل مجموع ممكن.

(مجموع التفرعات (3 + 4 + 1 = 8) يكون أقل من مجموع التفرعات (3 + 2 + 5 = 10))

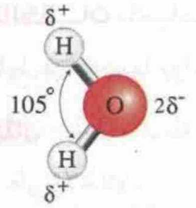
∴ الترقيم سوف يبدأ من اليسار.

الحل : الاختيار الصحيح : ⓓ

تمهيدى الدرس الثالث

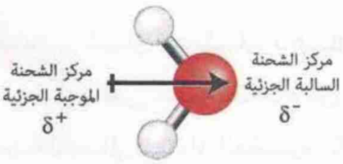
١ الماء مذيب قطبى

- **جزىء الماء H_2O قطبى، لأنه يتخذ فى الفراغ** شكل زاوى، تكون فيه الزاوية بين الرابطتين (O – H) 105° وهو ما يجعل للجزىء قطب سالب جزئى δ^- وهو المنطقة المحيطة بذرة الأكسچين وقطب موجب جزئى δ^+ وهو المنطقة بين ذرتى الهيدروچين.



قطبية الرابطة (O – H) فى جزىء الماء

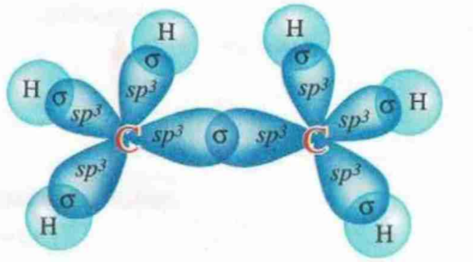
- **يعتبر الماء من أهم المذيبات القطبية،** لقدرته الفائقة على إذابة أعدادًا هائلة من المواد الأيونية وبعض المواد التساهمية غير القطبية والتى تتميز بقدرتها على تكوين روابط هيدروچينية مع الماء مثل السكروز (سكر المائدة).



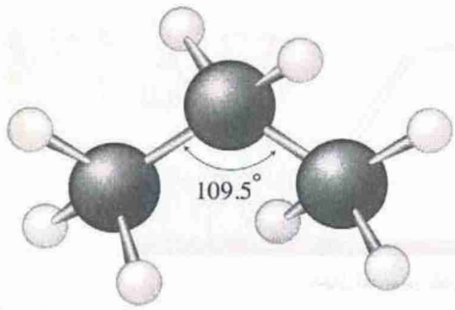
جزىء H_2O قطبى
(محصلة عزم الازدواج القطبى لا تساوى zero)

٢ الروابط سيجما فى الألكانات

- **ترتبط** كل ذرة كربون **فى الألكان بأربع روابط سيجما** من النوع sp^3 وتكون الزاوية بين أى رابطتين منها 109.5°



الروابط سيجما σ فى جزىء الإيثان

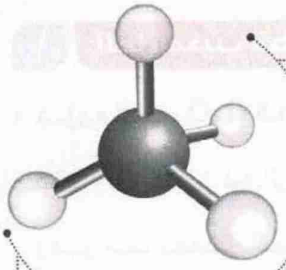


الزاوية بين الروابط sp^3 فى البروبان تساوى 109.5°

- **الألكانات (كالميثان CH_4) مركبات غير قطبية، لعدة أسباب منها :**
  - الشكل الفراغى للجزىء.
  - تساوى قيم الزوايا بين الروابط.
  - الفرق فى السالبية الكهربية بين ذرتى الكربون والهيدروچين 0.4

الميثان CH_4 كمثال للألكانات

- توجد **الألكانات** بكميات كبيرة فى النفط الخام، ويتم فصلها عن بعضها بواسطة التقطير التجزيئى.
- يمثل **الميثان** – أول سلسلة الألكانات – أبسط المركبات العضوية على الإطلاق.
- يُشكل غاز الميثان **أكثر من 90%** من الغاز الطبيعى الموجود **فى باطن الأرض** أو مصاحبًا للبترول، كما يوجد فى **مناجم الفحم** التى قد تتعرض للانفجار نتيجة لاشتعاله.
- يُسمى غاز الميثان **بغاز المستنقعات**، **لأنه** يخرج على هيئة فقاقيع من قاع المستنقعات نتيجة لتحلل المواد العضوية الموجودة فيها.



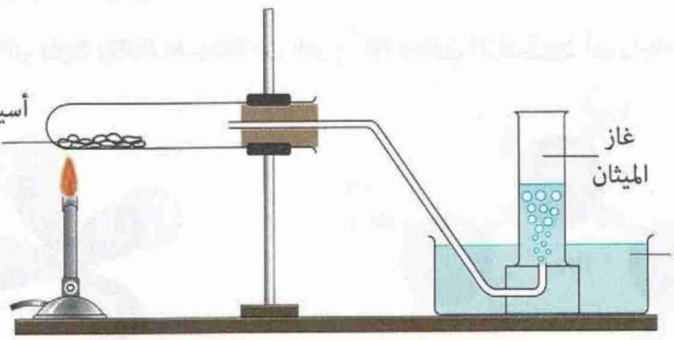
الميثان



غاز المستنقعات

تحضير غاز الميثان فى المعمل

- يحضر غاز الميثان فى المعمل **بالتقطير الجاف لملح أسيتات الصوديوم اللامائية مع الجير الصودى** (خليط من الصودا الكاوية NaOH والجير الحى CaO) **باستخدام جهاز كالمبين بالشكل :**



جهاز تحضير غاز الميثان فى المعمل

$$CH_3COONa_{(s)} + NaOH_{(s)} \xrightarrow[\Delta]{CaO} CH_{4(g)} + Na_2CO_{3(s)}$$

فسر : استخدام الجير الصودى بدلًا من الصودا الكاوية فقط فى تحضير غاز الميثان فى المعمل.

لأن أكسيد الكالسيوم CaO الموجود فى الجير الصودى مع هيدروكسيد الصوديوم NaOH يقوم بخفض درجة انصهار خليط التفاعل.

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: * شرح طرق تحضير الهيدروكربونات (الألكانات).
* كتابة معادلات التفاعل ورسم أجهزة التحضير.

التقطير الجاف لمركب بيوتانوات الصوديوم $CH_3(CH_2)_2COONa$ فى وجود الجير الصودى، يُكوّن ....

Ⓐ بروبان. Ⓑ بروبين. Ⓒ إيثان. Ⓓ بيوتان.

فكرة الحل :

عند التقطير الجاف للملح الصوديومى، فإن عدد ذرات (C) فى المركب العضوى الناتج يقل ذرة واحدة عن الملح، كما يلى :

- عند التقطير الجاف لملح أسيتات الصوديوم اللامائية مع الجير الحى يتكون الميثان.

$$CH_3COONa_{(s)} + NaOH_{(s)} \xrightarrow[\Delta]{CaO} CH_{4(g)} + Na_2CO_{3(s)}$$

- وبنفس الكيفية يؤدى التقطير الجاف لمركب بيوتانوات الصوديوم مع الجير الصودى إلى تكوين البروبان.

$$C_3H_7COONa_{(s)} + NaOH_{(s)} \xrightarrow[\Delta]{CaO} C_3H_{8(g)} + Na_2CO_{3(s)}$$

الحل : الاختيار الصحيح : Ⓐ

للإيضاح فقط

التقطير الجاف لملح فورمات الصوديوم ينتج عنه ملح كربونات صوديوم وغاز الهيدروجين

$$HCOONa_{(s)} + NaOH_{(s)} \xrightarrow[\Delta]{CaO} Na_2CO_{3(s)} + H_{2(g)}$$

الخواص العامة للألكانات

تتناول الخواص العامة للألكانات كل من :

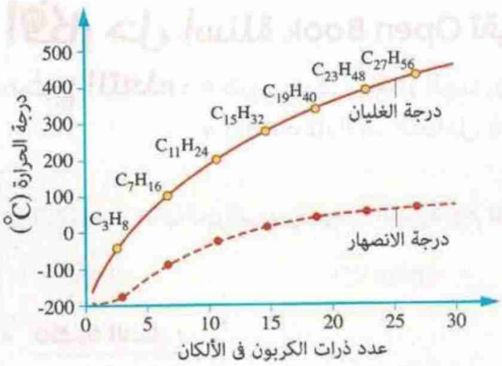
- أولاً: الخواص **الفيزيائية**
- ثانيا: الخواص **الكيميائية**

أولاً الخواص الفيزيائية للألكانات

١ الحالة الفيزيائية : تتواجد الألكانات فى حالات المادة الثلاث، كما يتضح من الجدول التالى :

الألكانات الغازية	الألكانات السائلة	الألكانات الصلبة
◄ الألكانات التى تحتوى من 1 : 4 ذرة كربون وهى :	◄ الألكانات التى تحتوى من 5 : 17 ذرة كربون، مثل :	◄ الألكانات التى تحتوى على أكثر من 17 ذرة كربون، مثل :
• الميثان. • الإيثان.	• الجازولين.	• شمع البرافين.
• البروبان. • البيوتان.	• الكيروسين.	• الشحوم.

٢ درجة الغليان و الانصهار :



من الشكل البيانى المقابل يتضح أنه كلما ازداد عدد ذرات الكربون فى الألكان مستقيم السلسلة (غير المتفرع) وبالتالى كتلته المولية ازدادت درجة غليانه ودرجة انصهاره.

تطبيقات

١ يستخدم غاز الميثان (الغاز الطبيعى) كوقود فى المنازل.

٢ يستخدم خليط البروبان والبيوتان كوقود – بعد إسالته – وتعبئته فى الأسطوانات المعروفة باسم أسطوانات البوتاجاز.

فسر: تحتوى أسطوانات وقود البوتاجاز التى توزع فى المناطق الباردة على نسبة من البروبان أكبر من البيوتان، على عكس تلك التى توزع فى المناطق الدافئة.

لأن غاز البروبان أكثر تطايرًا (أقل فى درجة الغليان) من غاز البيوتان.



أسطوانة بوتاجاز المناطق الباردة



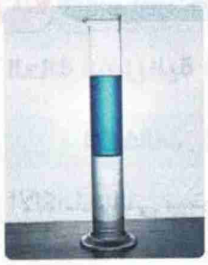
أسطوانة بوتاجاز المناطق الدافئة

٣ يستخدم كلًا من الجازولين والكيروسين كوقود.

٣ الذوبان : الألكانات مواد غير قطبية لا تذوب فى المذيبات القطبية كالماء.

تطبيق

تغطى الفلزات كالحديد بالألكانات الثقيلة مثل الشحوم، لحمايتها من التآكل، حيث أن الألكانات مواد غير قطبية لا تذوب فى الماء.


يطفو البرافين فوق سطح الماء

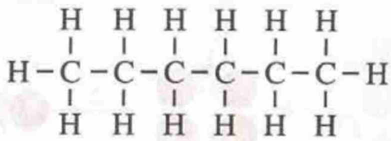
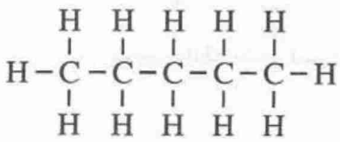
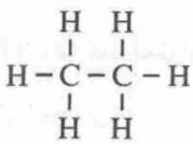
مثال

اكتب الصيغ البنائية للمركبات الآتية، ثم رتبها تصاعديًا حسب درجة غليانها، مع التفسير :

- هكسان عادى.
- بنتان عادى.
- إيثان.

[C = 12 , H = 1]

الحل

المركب	الصيغة البنائية	الصيغة الجزيئية	الكتلة المولية (g/mol)
هكسان عادى		C_6H_{14}	$(12 \times 6) + 14 = 86$
بنتان عادى		C_5H_{12}	$(12 \times 5) + 12 = 72$
إيثان		C_2H_6	$(12 \times 2) + 6 = 30$

- ترتب هذه المركبات تصاعديًا حسب درجة غليانها، كالتالى :

إيثان < بنتان عادى < هكسان عادى

لأن درجة غليان الألكانات غير المتفرعة **تزداد** بزيادة كتلها المولية.

ثانيًا الخواص الكيميائية للألكانات

تعتبر الألكانات مركبات **خاملة كيميائيًا نسبيًا**، **لارتباط** ذرات الكربون فى جزيئاتها بروابط أحادية من النوع سيجما (σ) القوية التى يصعب كسرها إلا تحت ظروف خاصة.

بعض تفاعلات الألكانات

1. تفاعل الاحتراق
2. عمليات التكسير الحرارى الحفزى
3. التفاعل مع الهالوجينات

١ تفاعل احتراق الألكانات

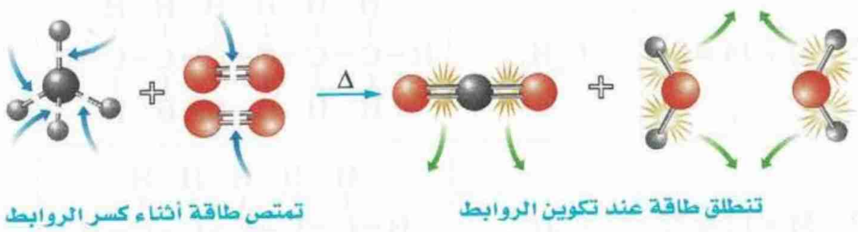
- الاحتراق التام لأى هيدروكربون (كالألكانات) ينتج عنه غاز ثانى أكسيد الكربون وبخار الماء من خلال تفاعل طارد للحرارة.
- تستخدم الألكانات مثل الميثان كوقود، **لأنها** تحترق من خلال تفاعل **طارد للحرارة** مكونة غاز ثانى أكسيد الكربون وبخار الماء.



احتراق غاز الميثان عملية طاردة للحرارة

$$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} CO_{2(g)} + 2H_2O_{(v)} + \text{Energy}$$

ميثان — أكسجين — ثانى أكسيد الكربون — بخار ماء



مثال

احسب حجم غاز ثانى أكسيد الكربون المتصاعد (at STP) عند احتراق 1 mol بالكامل من كل من :

(١) غاز البروبان. (٢) غاز البيوتان.

الحل

(١)

$$C_3H_{8(g)} + 5O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} 3CO_{2(g)} + 4H_2O_{(v)}$$

1 mol — 3 mol

حجم الغاز (L) = عدد مولات الغاز (mol) × 22.4 (L/mol)

∴ حجم غاز CO_2 المتصاعد = 3 × 22.4 = **67.2 L**

(٢)

$$2C_4H_{10(g)} + 13O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} 8CO_{2(g)} + 10H_2O_{(v)}$$

2 mol — 8 mol

1 mol — ? mol

عدد مولات غاز CO_2 الناتجة من احتراق 1 mol من غاز C_4H_{10} = $\frac{8}{2}$ = 4 mol

∴ حجم غاز CO_2 المتصاعد = 4 × 22.4 = **89.6 L**

٢ عمليات التكسير الحرارى الحفزى

- تجرى عملية التكسير الحرارى الحفزى **أثناء تكرير البترول** **ويتم فيها تحويل النواتج البترولية الثقيلة** ذات السلسلة الكربونية الطويلة (الأقل استخدامًا) **إلى جزيئات أصغر وأخف** (أكثر استخدامًا).

- **تتم هذه العملية بتسخين** منتجات البترول الثقيلة تحت ضغط مرتفع فى وجود عوامل حفازة، فينتج نوعين من النواتج، **هما :**

  - **الكانات** ذات سلسلة قصيرة تستخدم كوقود للسيارات مثل الجازولين الذى يحتاجه العالم باستمرار.
  - **الكينات** ذات سلسلة قصيرة مثل الإيثين والبروبين واللذين تقوم عليهما صناعات كيميائية كثيرة، أهمها صناعة البوليمرات.



وحدة تكسير حرارى حفزى

تطبيق التكسير الحرارى الحفزى لمركب الأوكتان.

- يتحول الأوكتان بالتكسير الحرارى الحفزى إلى بيوتان (ألكان) وبيوتين (ألكين).

$$\underset{\text{أوكتان}}{C_8H_{18(l)}} \xrightarrow[\text{cat}]{\Delta/P} \underset{\text{بيوتان}}{C_4H_{10(g)}} + \underset{\text{بيوتين}}{C_4H_{8(g)}}$$

أداء ذاتى

فى تفاعل التكسير الحرارى الحفزى المعبر عنه بالمعادلة التالية :

$$C_{10}H_{22} \longrightarrow C_6H_{14} + 2Y$$

استنتج الصيغة الجزيئية للناتج Y وإلى أى نوع من الهيدروكربونات ينتمى ؟

....

....

....

٣ التفاعل مع الهالوچينات

تتفاعل الألكانات مثل الميثان مع الهالوچينات مثل غاز الكلور بالتسخين إلى 400°C أو فى وجود الأشعة فوق البنفسجية (UV) فى سلسلة من **تفاعلات الاستبدال** **ويتوقف الناتج على** نسبة كل من الألكان والهالوچين فى خليط التفاعل.

$$CH_{4(g)} + Cl_{2(g)} \xrightarrow{UV} CH_3Cl_{(g)} + HCl_{(g)}$$

$$\xrightarrow[UV]{Cl_{2(g)}} CH_2Cl_{2(g)} + HCl_{(g)}$$

$$\xrightarrow[UV]{Cl_{2(g)}} CHCl_{3(g)} + HCl_{(g)}$$

$$\xrightarrow[UV]{Cl_{2(g)}} CCl_{4(l)} + HCl_{(g)}$$

ويمكن كتابة سلسلة تفاعلات الاستبدال السابقة، كالتالى :

$$\underset{\text{ميثان}}{CH_{4(g)}} + Cl_{2(g)} \xrightarrow{UV} \underset{\text{كلوروميثان (كلوريد ميثيل)}}{CH_3Cl_{(g)}} + HCl_{(g)}$$

$$CH_3Cl_{(g)} + Cl_{2(g)} \xrightarrow{UV} \underset{\text{ثنائى كلوروميثان (كلوريد ميثيلين)}}{CH_2Cl_{2(g)}} + HCl_{(g)}$$

$$CH_2Cl_{2(g)} + Cl_{2(g)} \xrightarrow{UV} \underset{\text{ثلاثى كلوروميثان (كلوروفورم)}}{CHCl_{3(g)}} + HCl_{(g)}$$

$$CHCl_{3(g)} + Cl_{2(g)} \xrightarrow{UV} \underset{\text{رباعى كلوروميثان (رابع كلوريد الكربون)}}{CCl_{4(l)}} + HCl_{(g)}$$

فسر: لا يتم تفاعل هلجنة الألكانات فى الظلام.

لعدم توافر الأشعة فوق البنفسجية اللازمة لكسر الرابطة سيجما القوية(C – H) التى يصعب كسرها.

مثـــال

ما عدد مولات غاز HCl الناتجة من تفاعل 1 mol من غاز الميثان مع وفرة من غاز الكلور فى وجود الأشعة فوق البنفسجية ؟ مع التفسير.

الحـــل

$$CH_{4(g)} + 4Cl_{2(g)} \xrightarrow{UV} CCl_{4(l)} + 4HCl_{(g)}$$

ينتج **4 mol** من غاز HCl / لأن كل جزىء من الميثان يحتوى على أربع ذرات هيدروچين يتم استبدالها بذرات كلور فى سلسلة من أربعة تفاعلات.

أداء ذاتى

وضح بالمعادلات الرمزية كيفية الحصول على الكلوروفورم من أسيتات الصوديوم اللامائية.

....

....

....

....

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: التعرف على أنواع التفاعلات العضوية المختلفة (تفاعلات الألكانات).

1 المعادلة الآتية تعبر عن إحدى العمليات التى تجرى على أحد نواتج زيت البترول :

$$C_{16}H_{34} \xrightarrow[cat]{\Delta/P} C_8H_{18} + C_4H_8 + 2C_2H_4$$

أى مما يأتى يعتبر صحيحًا ؟

الاختيارات	العملية الحادثة	الصيغة العامة للمادة المتفاعلة
أ	إعادة تشكيل	C_nH_{2n-2}
ب	إعادة تشكيل	C_nH_{2n+2}
جـ	تكسير حرارى حفزى	C_nH_{2n+2}
د	تكسير حرارى حفزى	C_nH_{2n}

فكرة الحل :

∵ العملية الحادثة يُجرى فيها تحويل جزىء طويل السلسلة الكربونية إلى جزيئات أصغر وأخف.

∴ التفاعل الحادث يعبر عن عملية تكسير حرارى حفزى.

وعليه يستبعد الاختيارين (أ) ، (ب)

∵ عملية التكسير الحرارى الحفزى تُجرى للألكانات (صيغتها العامة : C_nH_{2n+2}).

∴ يستبعد الاختيار (د)

الحل : الاختيار الصحيح : (ج)

---

٢ **وعاء يحتوى على وفرة من غاز الميثان مع الكلور مُعرض للأشعة فوق البنفسجية.**

ما المواد الموجودة فى هذا الوعاء بعد انتهاء التفاعل ؟

الاختيارات	CH_4	CH_3Cl	CCl_4	HCl
(أ)	✗	✓	✓	✗
(ب)	✗	✓	✗	✓
(ج)	✓	✗	✓	✓
(د)	✓	✓	✓	✓

فكرة الحل :

∵ الوعاء يحتوى على وفرة من غاز الميثان.

∴ يتواجد غاز الميثان فى وعاء التفاعل بعد انتهاءه.

وعليه يستبعد الاختيارين (أ) ، (ب)

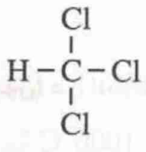
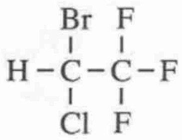
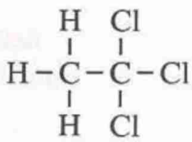
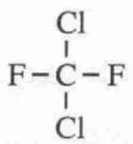
∵ كمية من الكلور تتفاعل مع غاز الميثان مكونة CH_3Cl

$$CH_{4(g)} + Cl_{2(g)} \xrightarrow{UV} CH_3Cl_{(g)} + HCl_{(g)}$$

∴ يستبعد الاختيار (ج)

الحل : الاختيار الصحيح : (د)

استخدامات المشتقات الهالوچينية للألكانات

المركب	الصيغة الجزيئية	الصيغة البنائية	الاستخدام
الكلوروفورم **(ثلاثى كلوروميثان)**	$CHCl_3$		كان يستخدم كمادة مخدرة فى العمليات الجراحية، ولكن توقف استخدامه الآن، **لأن** عدم التقدير الدقيق للجرعة اللازمة منه للمريض قد يتسبب فى وفاته
الهالوثان **(2- برومو -2- كلورو - 1،1،1- ثلاثى فلوروايثان)**	$CHBrClCF_3$		يستخدم كمخدر آمن
1،1،1- ثلاثى كلوروايثان	CH_3CCl_3		يستخدم فى عمليات التنظيف الجاف
المشتقات الهالوچينية للألكانات والتى تعرف بالفريونات، **مثل :** • **رباعى فلوروميثان** **(رابع فلوريد الكربون)**	CF_4		**تستخدم :** • فى أجهزة التكييف والثلاجات. • كمواد دافعة للسوائل والروائح. • كمنظفات للأجهزة الإلكترونية.
• **ثنائى كلورو-ثنائى فلوروميثان** **(أشهر الفريونات)**	CF_2Cl_2		

مميزات و أضرار الفريونات :

*** مميزات الفريونات :**

- رخيصة الثمن.
- سهلة الإسالة.
- غير سامة.
- لا تسبب تآكل المعادن.

*** أضرار الفريونات :**

- تسبب تآكل فى طبقة الأوزون التى تقى الأرض من أخطار الأشعة فوق البنفسجية، لذا يوجد اتفاق دولى بتحريم استخدام الفريونات بداية من عام 2020

الأهمية الاقتصادية للألكانات

- **تلعب الألكانات دورًا هامًا كوقود وكمواد أولية فى تحضير العديد من المركبات العضوية الأخرى،**

كما يتضح من الأمثلة الآتية :

١ الحصول على الكربون المجزأ (أسود الكربون) من الميثان :



مسحوق أسود الكربون

عند تسخين الميثان (بمعزل عن الهواء) لدرجة 1000°C يتكون الكربون المجزأ.

$$\underset{\text{ميثان}}{CH_{4(g)}} \xrightarrow[\text{no air}]{1000^\circ C} 2H_{2(g)} + \underset{\text{أسود الكربون}}{C_{(s)}}$$

استخدامات الكربون المجزأ

صناعة إطارات السيارات	صناعة الحبر الأسود	صناعة البويـــــــات	صناعة ورنيـش الأحذيـة
			

٢ الحصول على الغاز المائى من الميثان :

- يتكون الغاز المائى من تسخين غاز الميثان مع بخار الماء فى وجود عامل حفاز.

$$\underset{\text{ميثان}}{CH_{4(g)}} + H_2O_{(v)} \xrightarrow[\text{cat}]{725^\circ C} \underset{\text{الغاز المائى}}{CO_{(g)} + 3H_{2(g)}}$$

استخدامات الغـاز المائـى

- **يستخدم كمادة مختزلة (كما فى فرن مدركس).**
- **يستخدم كوقود.**

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: شرح الأهمية الاقتصادية للهيدروكربونات ومشتقاتها.

١ يُجرى خبراء صناعة إطارات السيارات تعديلات مستمرة على الإطارات إلا أنهم لا يمكنهم تغيير لونها الأسود.

ما السبب العلمى لعدم إمكانية تغيير لون إطارات السيارات ؟

(أ) لأن المطاط المصنوع منه الإطارات يكون أسود اللون.

(ب) لأنه يلزم إضافة أسود الكربون إليها للحفاظ عليها من التآكل.

(ج) لأنه يلزم إضافة أكسيد النحاس الأسود إليها لعدم تعريض الإطارات للجفاف.

(د) لأن لون الإطارات الأسود يتناسب مع لون الأسفلت الأسود.

◄ **فكرة الحـل :**

لون الإطارات الأسود يعود إلى إضافة الكربون المجزأ (أسود الكربون) إلى المطاط الأبيض المستخدم بغرض إطالة عمر الإطارات بحمايتها من التآكل.

◄ **الحـل :** الاختيار الصحيح : (ب)

---

٢ يتكون الغاز المائى من تسخين غاز الميثان مع بخار الماء، تبعًا للتفاعل التالى :

$$CH_{4(g)} + H_2O_{(v)} \rightleftharpoons CO_{(g)} + 3H_{2(g)}$$

ما الظروف التى تزيد من كمية الغاز المائى المتكونة ؟

(أ) رفع درجة الحرارة ورفع الضغط.

(ب) رفع درجة الحرارة وخفض الضغط.

(ج) خفض درجة الحرارة ورفع الضغط.

(د) خفض درجة الحرارة وخفض الضغط.

◄ **فكرة الحـل :**

∵ هذا التفاعل يتم بالتسخين إلى درجة حرارة 725°C

∴ يستبعد الاختيارين (ج) ، (د)

∵ عدد مولات الغاز المائى الناتج (4 mol) أكبر من مجموع عدد مولات الميثان وبخار الماء (2 mol).

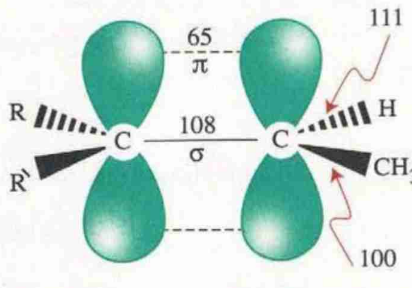
∴ يزداد معدل التفاعل الطردى بخفض الضغط الخارجي.

◄ **الحـل :** الاختيار الصحيح : (ب)

تمهيدى الدرس الرابع

١ الرابطة باى و الرابطة سيجما

- **الرابطة باى (π) أضعف من الرابطة سيجما (σ)، لأن** الرابطة باى تنشأ من تداخل الأوربيتالات الذرية مع بعضها بالجنب فيسهل كسرها، أما الرابطة سيجما فتنشأ من تداخل الأوربيتالات الذرية مع بعضها بالرأس فيصعب كسرها.

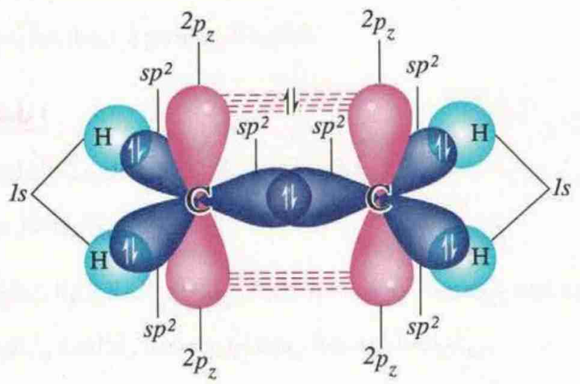


قوة الروابط فى الألكينات مقدرة بوحدة (kcal/mol)
«للإيضاح فقط»

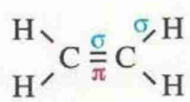
٢ تكوين الروابط سيجما و الروابط باى فى جزىء الإيثين

- **فى جزىء الإيثين ترتبط ذرتى الكربون ببعضهما، وترتبط كل منهما بذرتى هيدروچين عن طريق نوعين من الروابط، هما :**
  - **الرابطة سيجما (σ)** وتنشأ من التداخل بالرأس بين الأوربيتالات الذرية.
  - **الرابطة باى (π)** وتنشأ من التداخل بالجنب بين الأوربيتالات الذرية.

كما يتضح من الشكلين التاليين :



تكوين الروابط سيجما و باى فى جزىء الإيثين



جزىء الإيثين

تصنف الهيدروكربونات الأليفاتية غير المشبعة مفتوحة السلسلة إلى قسمين، هما :

- سلسلة الألكينات.
- سلسلة الألكاينات.

سلسلة الألكينات

- الألكينات هى هيدروكربونات أليفاتية غير مشبعة مفتوحة السلسلة، يوجد بين ذرات الكربون فى جزيئاتها رابطة مزدوجة واحدة على الأقل.
- تسمى سلسلة الألكينات بالأوليفينات.
- الألكينات سلسلة متجانسة قانونها العام :

$$C_nH_{2n} \qquad (n > 1)$$

للإيضاح فقط

اشتق اسم أوليفين من الكلمة اللاتينية أوليم (oleum) والتى تعنى زيت (Oil) نظرًا لاحتواء الزيوت النباتية على روابط مزدوجة فى سلاسلها الكربونية.

- تشتق الألكينات من الألكانات المقابلة لها بانتزاع ذرتى هيدروجين منها، وعلى هذا الأساس يقل كل مركب فى هذه السلسلة عن الألكان المقابل له بعدد 2 ذرة هيدروجين ويتم استبدال الخاتمة (–ان) فى اسم الألكان حسب نظام الأيوباك بالخاتمة (–ين) فى الألكين المقابل.

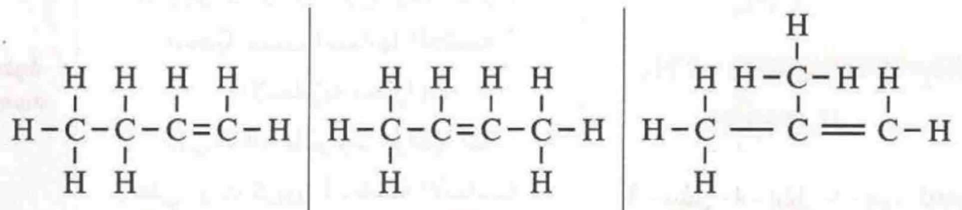
$$\underset{\text{ألكان}}{C_nH_{2n+2}} \xrightarrow{-2H} \underset{\text{ألكين}}{C_nH_{2n}}$$

تطبيق

$$\underset{\text{إيثان}}{C_2H_6} \xrightarrow{-2H} \underset{\text{إيثين}}{C_2H_4}$$

ملحوظة

أول صيغة جزيئية فى سلسلة الألكينات تكون لها عدة أيزومرات هى : C_4H_8



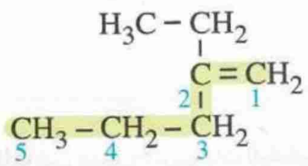
(1) (2) (3)

تسمية الأيوباك لمركبات الألكينات

يراعى مراجعة تسمية الألكانات، مراعاةً لعدم تكرار بعض النقاط الأساسية فى تسمية جميع المركبات العضوية ثم تراعى الخطوات التالية

	الخطـــوات
الخطوة الأولى	تحديد أطول سلسلة كربونية تحتوى على رابطة مزدوجة (=)
الخطوة الثانية	تسمية أطول سلسلة كربونية باسم البادئة المعبرة عن عدد ذرات الكربون، وتضاف الخاتمة (– ين) إلى نهاية اسم السلسلة الأساسية
الخطوة الثالثة	ترقيم السلسلة الأساسية من الطرف الأقرب للرابطة المزدوجة (=)
الخطوة الرابعة	تحديد موضع واسم التفرع
الخطوة الخامسة	عند وجود أكثر من تفرع ترتب التفرعات أبجديًا حسب أسمائها اللاتينية (الإنجليزية مجازًا) دون التقيد بالترتيب الرقمى لها على ذرات كربون السلسلة الأساسية

تطبيق ١



أطول سلسلة كربونية بها رابطة مزدوجة تحتوى على 5 **ذرات كربون**

السلسلة الأساسية فى هذا المركب تسمى بنتين

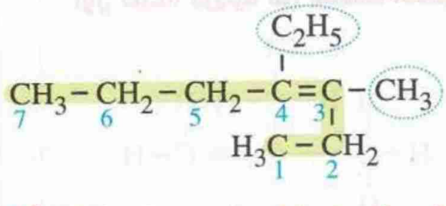
ترقيم السلسلة الأساسية فى هذا المركب 1– بنتين

موضع واسم التفرع فى هذا المركب 2– إيثيل

∴ اسم المركب :

2– إيثيل –1– بنتين

تطبيق ٢



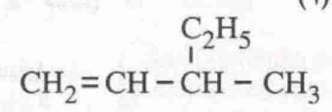
3- ميثيل -4- إيثيل -3- هبتين **تسمية خطأ** ✗

4- إيثيل -3- ميثيل -3- هبتين **تسمية صواب** ✓

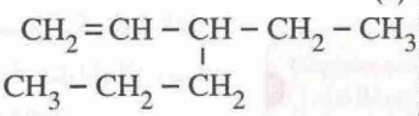
مثال ١

اكتب تسمية الأيوباك لكل من المركبات المعبر عنها بالصيغ البنائية التالية :

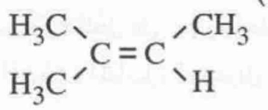
(١)



(٢)



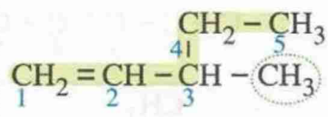
(٣)



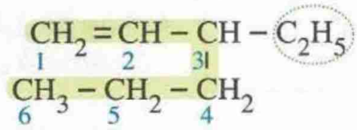
فكرة الحل

يتم رسم الصيغة البنائية فى الصورة الآتية لتسهيل تحديد السلسلة الأساسية :

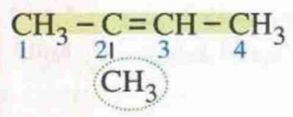
(١)



(٢)



(٣)



الحل

(١) 3– ميثيل –1– بنتين (٢) 3– إيثيل –1– هكسين (٣) 2– ميثيل –2– بيوتين

مثال ٢

اكتب تسمية الأيوباك لكل من الصيغ البنائية المكثفة التالية :

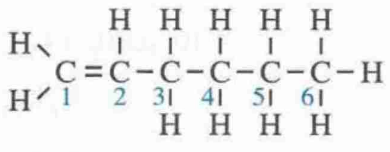
(١)	(٢)
$CH_2CHCH_2CH_2CH_2CH_3$	$CH_2CHCH(CH_3)CH_2CHClCH_3$

فكرة الحل

تعتمد على تحويل الصيغة البنائية المكثفة إلى صيغة بنائية تتضح فيها الروابط التساهمية.

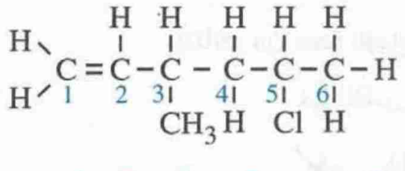
الحل

(١)



1– هكسين

(٢)



5– كلورو –3– ميثيل –1– هكسين

مثال ٣

ارسم الصيغة البنائية لمركب 2– ميثيل –3– هكسين.

الحل

تعتمد فكرة الحل على مهارة تحليل اسم المركب كما يتضح من المخطط المقابل، ثم تحويل ما تم استنباطه إلى رسم الصيغة البنائية من خلال عدة خطوات كالتالى :

2– ميثيل –3– هكسين

1. أطول سلسلة كربونية (السلسلة الأساسية) تحتوى على 6 ذرات كربون
2. ترتبط ذرة الكربون رقم 3 مع ذرة الكربون رقم 4 برابطة مزدوجة
3. تتفرع مجموعة ميثيل من ذرة الكربون رقم 2

	خطوات الحل	التطبيق
الخطوة الأولى	رسم سلسلة تتكون من 6 ذرات كربون مع ترقيمها من أحد الطرفين	C C C C C C 1 2 3 4 5 6
الخطوة الثانية	رسم رابطة مزدوجة بين ذرتى الكربون 3 ، 4 وروابط أحادية بين باقى ذرات الكربون	C – C – C = C – C – C 1 2 3 4 5 6
الخطوة الثالثة	إضافة مجموعة ميثيل على ذرة الكربون رقم 2	CH_3 على C2 C – C – C = C – C – C 1 2 3 4 5 6
الخطوة النهائية	إضافة ذرات هيدروجين إلى ذرات الكربون بما يُكمل تكافؤها الرباعى	H CH_3 H H H H – C – C – C = C – C – C – H H H H H H

مثال ٤

اكتب الصيغة البنائية والصيغة الجزيئية للمركب 4– بروبيل –2– هبتين.

الحل

الصيغة البنائيـــة :

```
H   H   H  C3H7  H   H   H
|   |   |   |    |   |   |
H–C – C = C – C  –  C – C – C–H
  1|  2   3  4|   5|  6|  7|
  H          H    H   H   H
```

الصيغة الجزيئية : $C_{10}H_{20}$

للتأكد من صحة الإجابة يتم التعويض عن قيمة n بالمقدار 10

فى القانون العام للألكينات : C_nH_{2n}

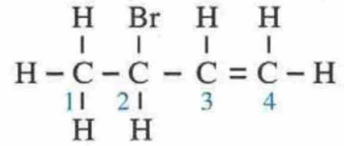
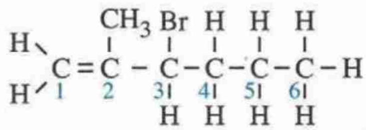
$C_{10}H_{(2\times10)} \longrightarrow C_{10}H_{20}$ ✔

مثال ٥

اكتب الصيغ البنائية للمركبات التالية، موضحًا وجه الاعتراض على هذه التسمية،
ثم اكتب الاسم الصحيح لكل منها تبعًا لنظام الأيوباك :

(١) 2– برومو –3– بيوتين.   (٢) 2– ميثيل –3– برومو –1– هكسين.

الحل

	الصيغة البنائية للمركب	وجه الاعتراض على التسمية	التسمية الصحيحة
(١)		الترقيم لم يبدأ من الطرف الأقرب للرابطة المزدوجة	3– برومو –1– بيوتين
(٢)		ترتيب أسماء التفرعات لم يتبع الترتيب الأبجدى الصحيح لبدايات أسماء التفرعات	3– برومو –2– ميثيل –1– هكسين

مثال ٦

هيدروكربون أليفاتى غير مشبع كتلته المولية 56 g/mol ويحتوى المول منه على 48 g كربون : [C = 12 , H = 1]

(١) استنتج الصيغة الجزيئية لهذا الهيدروكربون.

(٢) اكتب الصيغ البنائية لاثنين من أيزومرات هذا المركب.

الحل

(١) كتلة الهيدروچين = 56 – 48 = 8 g

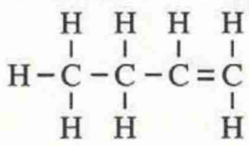
$$\text{عدد مولات ذرات العنصر} = \frac{\text{كتلة ذرات العنصر فى جزىء المركب}}{\text{الكتلة الذرية الجرامية للعنصر}}$$

عدد مولات ذرات C فى المركب = $\frac{48}{12} = 4\ \text{mol}$ ، عدد مولات ذرات H فى المركب = $\frac{8}{1} = 8\ \text{mol}$

∴ الصيغة الجزيئية للمركب C_4H_8

(٢)

اختبر نفسك بكتابة الصيغ البنائية لأيزومرى المركب



....

مثال ٧

ألكين متفرع كتلته المولية 70 g/mol : [C = 12 , H = 1]

(١) استنتج الصيغة الجزيئية لهذا الألكين.

(٢) اكتب تسمية الأيوباك لاثنين من أيزومرات هذا الألكين.

الحل

(١) ∵ الصيغة العامة للألكينات هى : C_nH_{2n}

$\therefore 12n + 2n = 70 \qquad \therefore n = 5$

∴ الصيغة الجزيئية لهذا الألكين : $C_5H_{(2\times5)} \rightarrow C_5H_{10}$

(٢)

اختبر نفسك بكتابة تسمية الأيوباك لأيزومرى الألكين

2– ميثيل –1– بيوتين	....	....

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: تسمية المركبات العضوية (الألكينات) بنظام الأيوباك.

ما تسمية الأيوباك للمركب المقابل ؟

$$CH_3CH=\underset{|}{C}-CH_2-CH_3$$
$$\qquad\qquad CH_2CH_2CH_3$$

(أ) 3– إيثيل –2– هكسين.

(ب) 3– بروبيل –2– هكسين.

(ج) 3– بروبيل –3– هكسين.

(د) 4 – إيثيل – 4 – هكسين.

فكرة الحل :

∵ أطول سلسلة كربونية متصلة تحتوى على رابطة مزدوجة فى هذا المركب تتكون من 6 ذرات كربون والرابطة المزدوجة تكون مع ذرة الكربون رقم 2

$$\underset{1}{CH_3}\underset{2}{CH}=\underset{3}{C}-(CH_2-CH_3)$$
$$\qquad\qquad \underset{4}{CH_2}\underset{5}{CH_2}\underset{6}{CH_3}$$

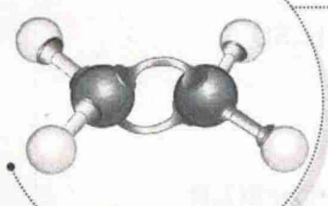
∴ السلسلة الأساسية فى هذا المركب : 2– هكسين.

∵ مجموعة الإيثيل تتفرع من ذرة الكربون رقم 3

∴ تسمية الأيوباك للمركب : 3– إيثيل –2– هكسين.

الحل : الاختيار الصحيح : (أ)

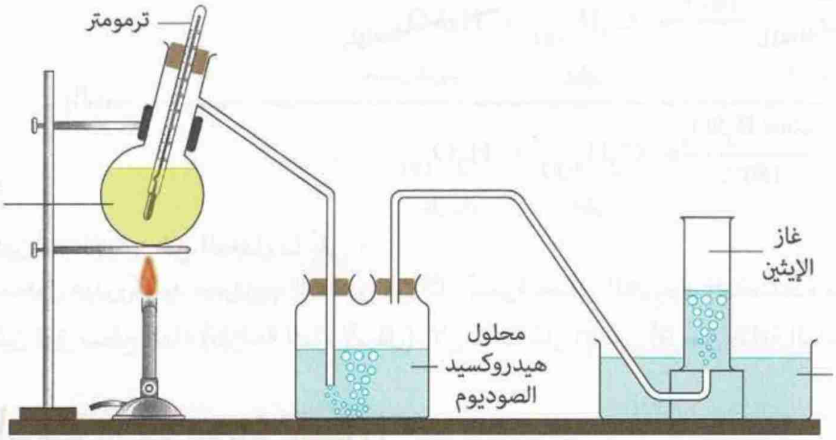
الإيثين C_2H_4 كمثال للألكينات



- يمثل الإيثين أول مركبات سلسلة الألكينات.
- الاسم الشائع للإيثين هو الإيثيلين.

تحضير غاز الإيثين فى المعمل

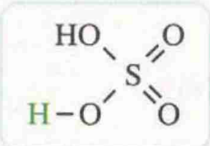
- يُحضر غاز الإيثين فى المعمل بنزع الماء من الكحول الإيثيلى (الإيثانول) بواسطة حمض الكبريتيك المركز الساخن إلى $180^\circ C$، **باستخدام جهاز كالمبين بالشكل :**



جهاز تحضير غاز الإيثين فى المعمل

ويتم هذا التفاعل على خطوتين متتاليتين، هما :

الخطوة الأولى يتفاعل الإيثانول مع حمض الكبريتيك المركز الساخن مكوناً **كبريتات الإيثيل الهيدروجينية.**



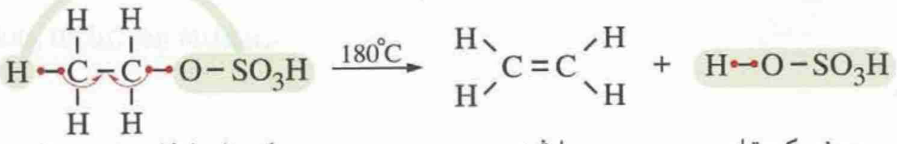
$C_2H_5HSO_4$

$$CH_3-CH_2-OH + H-O-SO_3H \xrightarrow[80^\circ C]{conc} CH_3-CH_2-O-SO_3H + H_2O$$

إيثانول + حمض كبريتيك ← كبريتات إيثيل هيدروجينية

الخطوة الثانية تنحل كبريتات الإيثيل الهيدروچينية بالحرارة $(180^{\circ}C)$ مكونة **الإيثين**.

$C_2H_5HSO_4$ H_2SO_4



كبريتات إيثيل هيدروچينية إيثين حمض كبريتيك

◂ **وبجمع معادلتى الخطوتين نحصل على معادلة تحضير غاز الإيثين.**

$$C_2H_5OH_{(l)} + H_2SO_{4(aq)} \xrightarrow[80^{\circ}C]{conc} C_2H_5.HSO_{4(aq)} + H_2O_{(v)}$$

كحول إيثيلى — حمض كبريتيك — كبريتات إيثيل هيدروچينية

$$C_2H_5.HSO_{4(aq)} \xrightarrow{180^{\circ}C} C_2H_{4(g)} + H_2SO_{4(aq)}$$

كبريتات إيثيل هيدروچينية — إيثين — حمض كبريتيك

بالجمع

$$C_2H_5OH_{(l)} \xrightarrow[180^{\circ}C]{conc\ H_2SO_4} C_2H_{4(g)} + H_2O_{(v)}$$

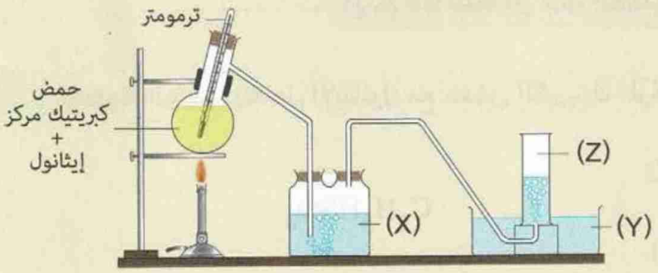
إيثانول — إيثين — بخار ماء

◂ **يراعى عند تحضير غاز الإيثين فى المعمل ما يلى :**

- **يمرر أولًا على محلول هيدروكسيد صوديوم، للتخلص من آثار أبخرة حمض الكبريتيك المتصاعدة مع غاز الإيثين.**
- **يجمع غاز الإيثين فوق سطح الماء (بإزاحة الماء لأسفل)، لأن كثافة غاز الإيثين أقل من كثافة الماء ولا يذوب فيه.**

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: شرح طرق تحضير الهيدروكربونات (غاز الإيثين).



الشكل المقابل يوضح :

جهاز تحضير الغاز (Z) فى المعمل.

مـا الغاز (Z) ، مـا قيمة pH

لكل من المادتين (X) ، (Y)

بعد انتهاء التفاعل ؟

الاختيارات	الغاز (Z)	pH للمادة (X)	pH للمادة (Y)
ⓐ	إيثاين	7	7
ⓑ	إيثين	12	7
ⓒ	إيثاين	7	5
ⓓ	إيثين	9	9

◄ **فكرة الحل :**

∵ الجهاز الموضح بالشكل هو جهاز تحضير غاز الإيثين (الغاز Z).

∴ يستبعد الاختيارين (أ) ، (ج)

∵ محلول هيدروكسيد الصوديوم (X) يقوم بامتصاص أبخرة حمض الكبريتيك المتصاعدة مع غاز الإيثين وهو ما سوف يقلل من $[OH^-]$ فى المحلول ولكنه سوف يظل قلويًا $(pH > 7)$.

كما أن غاز الإيثين (Z) لا يذوب فى الماء (Y) بالإضافة إلى أنه ليس له خواص حامضية أو قاعدية.

∴ تظل قيمة pH للماء (Y) تساوى 7

وعليه يستبعد الاختيار (د)

◄ **الحل :** الاختيار الصحيح : (ب)

الخواص العامة للألكينات

تتناول الخواص العامة للألكينات كل من :



أولًا الخواص الفيزيائية للألكينات

١ الحالة الفيزيائية : تتواجد الألكينات فى حالات المادة الثلاث، كما يتضح من الجدول التالى :

الألكينات الغازية	الألكينات السائلة	الألكينات الصلبة
الألكينات التى تحتوى من 2 : 4 ذرة كربون	الألكينات التى تحتوى من 5 : 15 ذرة كربون	الألكينات التى تحتوى على أكثر من 15 ذرة كربون

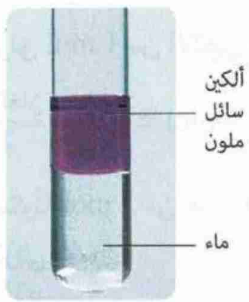
٢ الذوبان : الألكينات مواد غير قطبية

لا تذوب فى المذيبات القطبية كالماء،

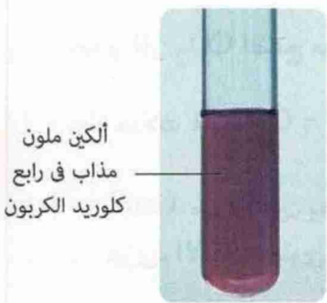
ولكنها تذوب فى المذيبات العضوية،

مثل :

- الإثير.
- البنزين العطرى.
- رابع كلوريد الكربون.



لا تمتزج الألكينات السائلة فى المذيبات القطبية



تمتزج الألكينات السائلة فى المذيبات العضوية

ثانيًا الخواص الكيميائية للألكينات

- تعتبر الألكينات **أكثر نشاطًا** من الألكانات، **لأن** الألكينات تحتوى على روابط ثنائية تتكون من رابطة سيجما (σ) قوية صعبة الكسر ورابطة باى (π) ضعيفة سهلة الكسر، بينما الألكانات تحتوى على روابط أحادية جميعها من النوع سيجما (σ) القوية صعبة الكسر.
- يصعب تفاعل الألكينات بالاستبدال.

تفاعلات الألكينات

١ تفاعل **الاحتراق** | ٢ تفاعلات **الإضافة** | ٣ تفاعلات **الأكسدة** | ٤ تفاعلات **البلمرة**

١ تفاعل احتراق الألكينات

- **تحترق (تشتعل) الألكينات فى الهواء** من خلال تفاعل طارد للحرارة **مكونة** غاز ثانى أكسيد الكربون وبخار ماء.

$$C_2H_{4(g)} + 3O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} 2CO_{2(g)} + 2H_2O_{(v)} + \text{Energy}$$

إيثين — أكسچين — ثانى أكسيد الكربون — بخار ماء

مثال

يحترق 0.02 mol من الألكين X تمامًا فى وفرة من غاز الأكسچين لتكوين 0.896 L من غاز ثانى أكسيد الكربون (at STP) :

(١) احسب عدد مولات غاز CO_2 الناتجة من احتراق 1 mol من المركب (X) (at STP).

(٢) ما عدد ذرات الكربون فى الجزىء الواحد من المركب (X) ؟

(٣) ما الصيغة الجزيئية للألكين (X) ؟

الحل

(١)

$$X + O_2 \xrightarrow{\Delta} CO_2 + H_2O$$

X		CO_2
0.02 mol		0.896 L
1 mol		? L

حجم غاز CO_2 الناتج من احتراق 1 mol من الألكين (X) = $\frac{0.896}{0.02} = 44.8\ L$

عدد مولات غاز CO_2 = $\frac{\text{حجم الغاز}}{22.4} = \frac{44.8}{22.4} = $ **2 mol**

(٢) ∵ 1 mol من الألكين يحترق مكونًا 2 mol من غاز CO_2

∴ جزىء الألكين يحتوى على **ذرتى** كربون.

(٣) ∵ الصيغة العامة للألكينات C_nH_{2n} ، ∵ $n = 2$

∴ الصيغة الجزيئية للألكين : $C_2H_{(2\times2)} \Leftarrow$ $\mathbf{C_2H_4}$

٢ تفاعلات الإضافة

- **تفاعلات الإضافة يقصد بها** إضافة ذرات أو مجموعات ذرية إلى ذرتي كربون متجاورتين ومرتبطتين معًا برابطة غير مشبعة (ثنائية أو ثلاثية) لتحويلها إلى مركبات مشبعة.
- **تتميز الألكينات بقدرتها على** الدخول فى تفاعلات إضافة مكونة مركبات مشبعة (ألكانات أو مشتقاتها)، **لسهولة** كسر الرابطة **باى** مع بقاء الرابطة **سيجما فقط**، لذا تتكون مركبات مشبعة.

تفاعلات الألكينات بالإضافة

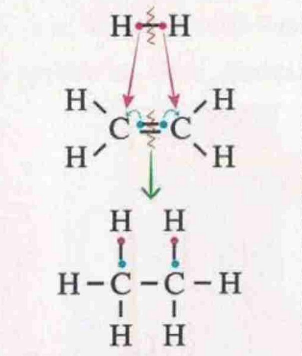
- أ) تفاعلات إضافة الهيدروچين (H_2)
- ب) تفاعلات إضافة الهالوچينات (X_2)
- ج) تفاعلات إضافة هاليدات الهيدروچين (HX)
- د) تفاعلات إضافة الماء (HOH)

أ تفاعلات إضافة الهيدروچين (H_2) إلى الألكينات (الهدرجة الحفزية)

- تُعرف تفاعلات **إضافة الهيدروچين** إلى **الألكينات** باسم **تفاعلات الهدرجة**.
- تتم تفاعلات **هدرجة** الألكينات **فى وجود عوامل حفازة** مثل (النيكل المجزأ أو البلاتين المجزأ) مع التسخين مكونة **الألكانات المقابلة**.

$$\underset{\text{إيثين}}{C_2H_{4(g)}} + H_{2(g)} \xrightarrow[150^\circ : 300^\circ C]{Pt \text{ or } Ni} \underset{\text{إيثان}}{C_2H_{6(g)}}$$

للإيضاح فقط



كيفية حدوث تفاعل الهدرجة

- يلزم 1 mol من جزيئات الهيدروچين **لكسر** كل 1 mol من الرابطة باى (π) فى الألكين لتحويله إلى مركب مشبع.

تطبيق

يلزم **2 mol** من جزيئات الهيدروچين لتحويل **1 mol** من الألكين المقابل إلى مركب مشبع، **لأن** كل **1 mol** من هذا الألكين يحتوى على **2 mol** من الرابطة باى (π).

$$H_2C=\underset{}{\overset{CH_3}{\overset{|}{C}}}-CH=CH_2$$

مثـال

المركب المقابل من الألكينات :

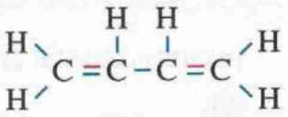
$CH_2CHCHCH_2$

(١) ما عدد الروابط باى (π) والروابط سيجما (σ) فى الجزىء الواحد من هذا المركب ؟

(٢) ما عدد مولات جزيئات الهيدروچين اللازمة لتحويل 1 mol من هذا المركب إلى مركب مشبع ؟

الحـــل

(١) من الصيغة البنائية للمركب :



المركب يحتوى على :

- 2 رابطة باى (C – C).
- 3 روابط سيجما (C – C).
- 6 روابط سيجما (C – H).

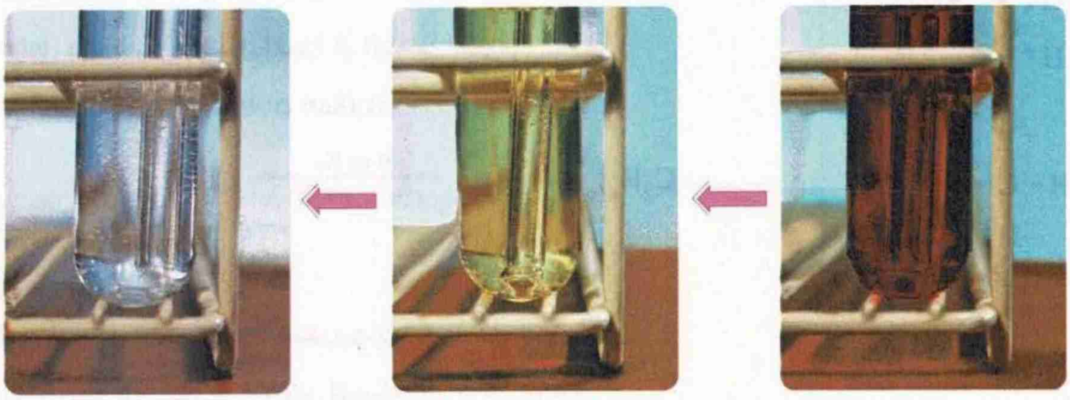
∴ الجزىء من هذا المركب يحتوى على **2 رابطة π** و **9 روابط σ**

(٢) ∵ 1 mol من هذا المركب يحتوى على 2 mol من الروابط باى (π).

∴ يلزم **2 mol** من جزيئات الهيدروچين لتحويل 1 mol من هذا المركب غير المشبع إلى مركب مشبع.

ب تفاعلات إضافة الهالوچينات (X_2) إلى الألكينات (الهلجنة بالإضافة)

- تُعرف تفاعلات **إضافة الهالوچينات** إلى **الألكينات** باسم **تفاعلات الهلجنة**.
- **يستفاد من تفاعل الهلجنة فى الكشف عن الألكينات كما يتضح فيما يلى :**



يزول لون ماء البروم تدريجيًا عند إمرار غاز الإيثين فيه

- عند إمرار غاز الإيثين فى ماء البروم (البروم المذاب فى رابع كلوريد الكربون) **يزول** لون ماء البروم الأحمر، **لاستهلاك** البروم فى كسر الرابطة الثنائية فى الإيثين مكونًا مركب 1، 2– ثنائى بروموإيثان عديم اللون.

$$\underset{\text{إيثين}}{H_2C=CH_{2(g)}} + Br_{2(l)} \xrightarrow{CCl_4} \underset{\text{1، 2– ثنائى بروموإيثان (عديم اللون)}}{BrCH_2-CH_2Br_{(l)}}$$

تذكر أن

- تفاعل هلجنة الألكينات **بالإضافة لا يحتاج إلى** أشعة فوق بنفسجية (UV).
- تفاعل هلجنة الألكانات **بالاستبدال يحتاج إلى** أشعة فوق بنفسجية (UV).

مثـال

هل يزول لون 0.2 g من ماء البروم الأحمر – تمامًا – عند إمرار 22.4 mL من غاز الإيثين فيه (at STP) ؟ مع تعليل إجابتك بالحسابات الكيميائية.

[Br_2 = 160 g/mol]

الحـــل

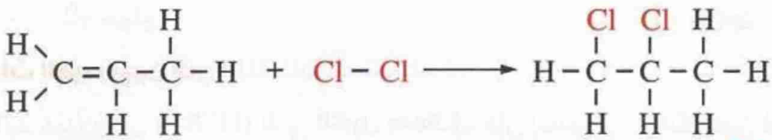
$$C_2H_4 + Br_2 \xrightarrow{CCl_4} C_2H_4Br_2$$

C_2H_4	يتفاعل مع ⟶	Br_2
1 mol		1 mol
22.4 L/mol		160 g/mol
0.0224 L		? g

كتلة البروم المتفاعلة مع الإيثين = $\frac{0.0224 \times 160}{22.4}$ = 0.16 g

∴ لا يزول لون ماء البروم تمامًا، لبقاء كمية منه بدون تفاعل مقدارها = 0.2 – 0.16 = 0.04 g

اكتب المعادلة الرمزية الدالة على كلورة البروبين.



بروبين — 2،1– ثنائى كلوروبروبان

أداء ذاتي



الشكل المقابل يوضح أنبوبتان الأولى بها عينة من السائل (X) والثانية بها عينة من السائل (Y) مضاف إليهما قطرات من ماء البروم، أى من السائلين يمثل هكسان وأيهما يمثل 1– هكسين ؟ مع التفسير.

....

....

ج تفاعلات إضافة هاليدات الهيدروچين (الأحماض الهالوچينية HX) إلى الألكينات

تتفاعل الألكينات مع **هاليدات الهيدروچين** وهى مركبات غير متماثلة، حيث تنكسر الرابطة باى (π) وتتصل ذرة الهيدروچين بإحدى ذرتى كربون الرابطة باى وذرة الهالوچين بذرة الكربون الأخرى، ليتكون **هاليد الألكيل المقابل** وتتوقف نواتج الإضافة على نوع الألكين المستخدم (متماثل أم غير متماثل).

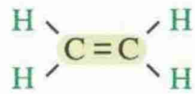
الألكينات المتماثلة

هى ألكينات توجد الرابطة المزدوجة فيها بين ذرتى كربون مرتبطتين بنفس العدد من ذرات الهيدروچين

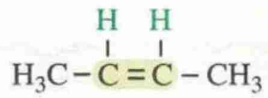
الألكينات غير المتماثلة

هى ألكينات توجد الرابطة المزدوجة فيها بين ذرتى كربون مرتبطتين بعدد غير متساوٍ من ذرات الهيدروچين

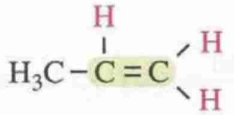
أمثلة



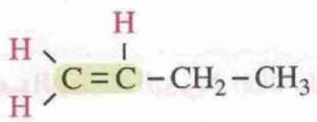
إيثين



2- بيوتين



بروبين

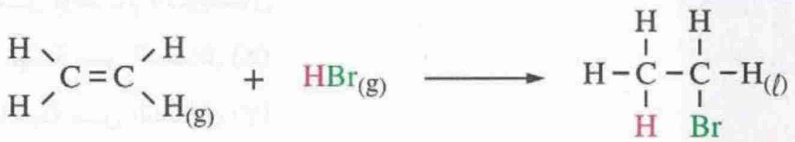


1- بيوتين

إضافة هاليدات الهيدروچين إلى الألكينات المتماثلة

عند إضافة هاليد هيدروچين (H^+X^-) إلى **ألكين متماثل**، فإن إحدى ذرتى الكربون فى الرابطة $(C = C)$ تستقبل ذرة هيدروچين (H) فى حين تستقبل ذرة الكربون الأخرى ذرة الهالوچين (X) لتكوين هاليد الألكيل (هالو الألكان) المقابل.

تطبيق تفاعل الإيثين مع بروميد الهيدروچين (HBr).



إيثين — بروميد إيثيل (برومو إيثان)

إضافة هاليدات الهيدروچين إلى الألكينات غير المتماثلة

عند إضافة هاليد هيدروچين إلى **ألكين غير متماثل**، فإن التفاعل يتم بناء على قاعدة تُعرف باسم قاعدة ماركونيكوف وهى تنص على أنه عند إضافة متفاعل غير متماثل $(H^+X^- ، H^+ - OSO_3H^-)$ إلى ألكين غير متماثل، فإن الشق الموجب من المتفاعل يضاف إلى ذرة الكربون المرتبطة بالعدد الأكبر من ذرات الهيدروچين فى حين يضاف الشق السالب من المتفاعل إلى ذرة الكربون المرتبطة بالعدد الأقل من ذرات الهيدروچين.

تطبيق تفاعل البروبين مع بروميد الهيدروجين.

تبعًا لقاعدة ماركونيكوف، عند إضافة متفاعل غير متماثل (HBr) إلى ألكين غير متماثل (بروبين)، فإن أيون الهيدروجين H^+ (الشق الموجب) يضاف إلى ذرة الكربون المرتبطة بالعدد الأكبر من ذرات الهيدروجين، فى حين يُضاف أيون البروميد Br^- (الشق السالب) إلى ذرة الكربون المرتبطة بالعدد الأقل من ذرات الهيدروجين فيتكون 2– بروموبروبان.

$$H_3C-\underset{}{\overset{H}{\overset{|}{C}}}=\overset{H}{\overset{|}{C}}-H_{(g)} + HBr_{(g)} \longrightarrow H_3C-\underset{Br}{\underset{|}{\overset{H}{\overset{|}{C}}}}-\underset{H}{\underset{|}{\overset{H}{\overset{|}{C}}}}-H_{(\ell)}$$

بروبين — 2– بروموبروبان (بروميد أيزوبروبيل)

أداء ذاتى اكتب معادلة تفاعل يوديد الهيدروجين مع مركب 1– بيوتين، مع تسمية المركب الناتج تبعًا لنظام الأيوباك.

....

....

....

د إضافة الماء (HOH) إلى الألكينات (الهيدرة الحفزية)

- تُعرف تفاعلات إضافة الماء إلى الألكينات فى وجود حمض الكبريتيك المركز كعامل حفاز لتكوين الكحول المقابل باسم تفاعلات الهيدرة الحفزية للألكينات.

تطبيق تفاعل الإيثين مع الماء (الهيدرة الحفزية للإيثين).

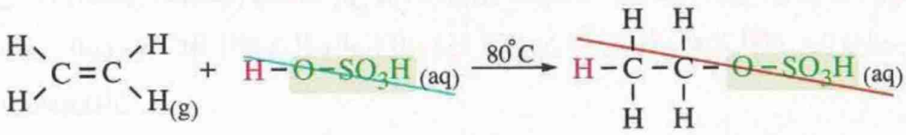
$$C_2H_{4(g)} + H_2O_{(\ell)} \xrightarrow[110°C]{H_2SO_4} C_2H_5OH_{(aq)}$$

إيثين — إيثانول

- **يستخدم حمض الكبريتيك المركز كعامل حفاز فى تفاعلات هيدرة الإيثين،** لأن الماء إلكتروليت ضعيف، وبالتالى فإن تركيز أيونات الهيدروجين (H^+) الناتجة عن تأينه يكون ضعيف وغير كافى لكسر الرابطة باى (π) بين ذرتى الكربون، ولتوفير أيونات H^+ (زيادة تركيزها فى وسط التفاعل) يلزم أن يتم التفاعل فى وجود عامل مساعد مثل حمض الكبريتيك المركز (أى فى وسط حامضى).

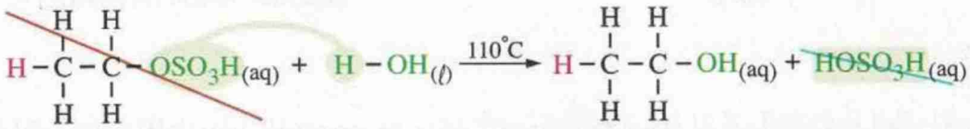
• ويتم تفاعل الهيدرة الحفزية للإيثين (الألكينات) على خطوتين، كالتالى :

الخطوة الأولى يتفاعل الإيثين مع حمض الكبريتيك المركز عند $80^\circ C$ مكونًا كبريتات الإيثيل الهيدروچينية.



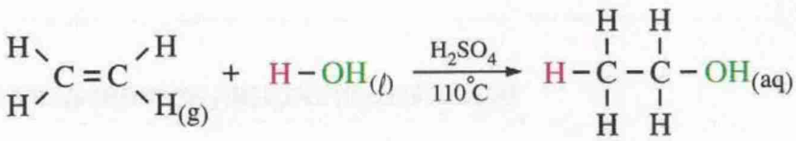
إيثين — حمض كبريتيك — كبريتات إيثيل هيدروچينية

الخطوة الثانية تتحلل كبريتات الإيثيل الهيدروچينية مائيًا عند $110^\circ C$ مكونة الإيثانول.



كبريتات إيثيل هيدروچينية — ماء — إيثانول — حمض كبريتيك

• وبجمع معادلتى الخطوتين نحصل على معادلة الهيدرة الحفزية للإيثين.



إيثين — ماء — إيثانول

أداء ذاتى

تدخل كبريتات الإيثيل الهيدروچينية فى تفاعلات انحلال حرارى و تفاعل تحلل مائى،
قارن بين نواتج التفاعلين، مع كتابة المعادلات الكيميائية المعبرة عن كل منهما.

....

....

....

....

....

مثال

اكتب المعادلة الرمزية الدالة على تفاعل الهيدرة الحفزية لكل من :

(١) 2– بيوتين. (٢) 1– بيوتين.

مع تفسير مدى خضوع التفاعلين لقاعدة ماركونيكوف.

الحل

(١)

$$H_3C-CH=CH-CH_3 + H-OH \xrightarrow[110^\circ C]{H_2SO_4} H_3C-CH_2-CH(OH)-CH_3$$

2– بيوتين

لا يخضع هذا التفاعل لقاعدة ماركونيكوف / لأن مركب 2– بيوتين من الألكينات المتماثلة.

(٢)

$$H_2C=CH-CH_2-CH_3 + H-OH \xrightarrow[110^\circ C]{H_2SO_4} H-CH_2-CH(OH)-CH_2-CH_3$$

1– بيوتين

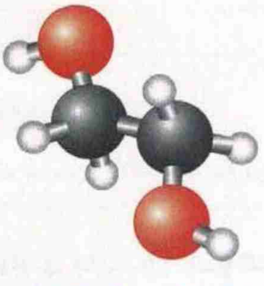
يخضع هذا التفاعل لقاعدة ماركونيكوف / لأن مركب 1– بيوتين من الألكينات غير المتماثلة.

٣ تفاعلات الأكسدة

◄ تتأكسد الألكينات بالعوامل المؤكسدة، مثل :

- فوق أكسيد الهيدروجين H_2O_2
- برمنجنات البوتاسيوم القلوية البنفسجية $KMnO_4$

مكونة مركبات ثنائية الهيدروكسيل تُعرف باسم الجلايكولات.



ترتبط ذرتى الكربون فى الإيثيلين جليكول بمجموعتى هيدروكسيل

• **تطبيق** تفاعل باير.

◄ عند إمرار غاز الإيثين فى محلول برمنجنات البوتاسيوم – فى وسط قلوى – وفى درجة حرارة الغرفة، يزول لون برمنجنات البوتاسيوم البنفسجى ويتكون مركب الإيثيلين جليكول.

$$H_2C=CH_2 + H_2O + [O] \xrightarrow[\text{وسط قلوى}]{KMnO_4} CH_2(OH)-CH_2(OH)$$

إيثين — [O] مصدره العامل المؤكسد ($KMnO_4$) — إيثيلين جليكول «2،1– ثنائى هيدروكسى إيثان»

◄ **ويُعرف هذا التفاعل** بتفاعل باير، **وهو** تفاعل الألكينات مع محلول برمنجنات البوتاسيوم فى وسط قلوى للكشف عن وجود الرابطة المزدوجة بزوال لون البرمنجنات البنفسجى.

ملحوظة

يتم تفاعل باير فى وسط قلوى وليس حامضى،

لأن الكحول الناتج لا يتفاعل مع القلوى، بينما يتفاعل مع الحمض.

أداء ذاتى ١

وضح بالمعادلات الرمزية الموزونة :

(١) كيف يمكنك الحصول على كحول ثنائى الهيدروكسيل من كحول أحادى الهيدروكسيل (الإيثانول) ؟

....

....

(٢) ما مصدر الأكسچين [O] المستخدم فى تفاعل باير ؟

....

ملحوظة

يعتبر كل من تفاعل باير و تفاعل الهلجنة بالبروم من الاختبارات الهامة للكشف عن وجود الرابطة المزدوجة

أداء ذاتى ٢

كيف يمكنك التميز بين غازى الإيثان و الإيثين بطريقتين مختلفتين ؟

* ....

....

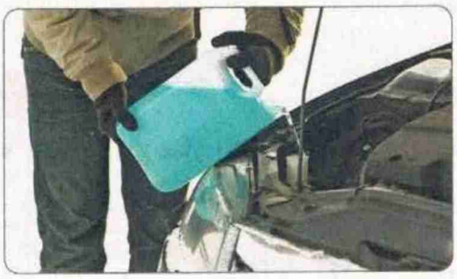
* ....

....

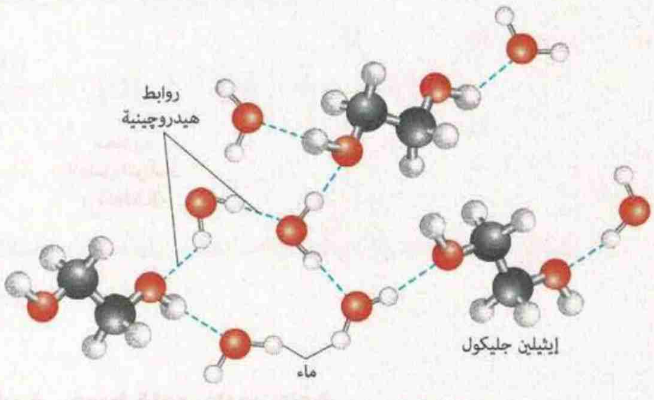
للاطلاع فقط

عند تسخين الألكينات مع برمنجنات البوتاسيوم فى وسط حامضى تتكون كيتونات أو أحماض كربوكسيلية

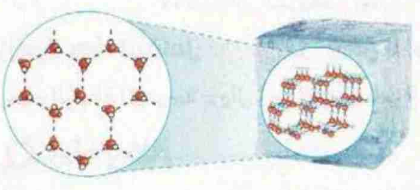
- **الإيثيلين جليكول هو المادة الأساسية المانعة لتجمد المياه فى مبردات السيارات**، لأنه يكون روابط هيدروچينية مع جزيئات الماء، فيمنع تجمع جزيئات الماء مع بعضها على هيئة بللورات ثلج.



يضاف الإيثيلين جليكول إلى مبردات السيارات فى المناطق الباردة لمنع تجمد المياه فى المبردات



ارتباط الإيثيلين جليكول مع الماء بروابط هيدروچينية يمنع تجمد الماء



ارتباط جزيئات الماء ببعضها بروابط هيدروچينية فى بللورات الثلج (بللورات سداسية الشكل)

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: التعرف على أنواع التفاعلات العضوية المختلفة (تفاعلات الألكينات).

١ تدخل الألكينات فى جميع التفاعلات الآتية، عدا ....

Ⓐ البرومة. Ⓑ الهدرجة. Ⓒ الهيدرة. Ⓓ التحلل المائى.

فكرة الحل :

معظم تفاعلات الألكينات تتم بالإضافة ومنها تفاعلات :

- إضافة البروم [البرومة «الهلجنة»]. $H_2C = CH_{2(g)} + Br_{2(l)} \xrightarrow{CCl_4} BrCH_2-CH_2Br_{(l)}$
- إضافة الهيدروجين [الهدرجة]. $C_2H_{4(g)} + H_{2(g)} \xrightarrow[150° : 300°C]{Pt\ or\ Ni} C_2H_{6(g)}$
- إضافة الماء [الهيدرة]. $C_2H_{4(g)} + H_2O_{(l)} \xrightarrow[110°C]{H_2SO_4} C_2H_5OH_{(aq)}$

الحل : الاختيار الصحيح : Ⓓ

---

٢ ما عدد مولات الغازات والأبخرة الموجودة فى وعاء مغلق بعد انتهاء التفاعل بين خليط من 1 mol من الإيثين مع 4 mol من الأكسجين (at 300°C) ؟

Ⓐ 2 mol Ⓑ 3 mol Ⓒ 4 mol Ⓓ 5 mol

فكرة الحل :

$$\underset{1\ mol}{C_2H_{4(g)}} + \underset{3\ mol}{3O_{2(g)}} \xrightarrow{\Delta} \underset{2\ mol}{2CO_{2(g)}} + \underset{2\ mol}{2H_2O_{(v)}} + Energy$$

∵ كل 1 mol من C_2H_4 يتفاعل مع 3 mol من O_2

∴ يتبقى 1 mol من غاز O_2 بدون تفاعل.

مجموع أعداد مولات الغازات والأبخرة الموجودة فى وعاء التفاعل

= عدد مولات النواتج + عدد مولات غاز O_2 غير المتفاعل

$= 5\ mol = 1\ mol\ O_2 + 2\ mol\ CO_2 + 2\ mol\ H_2O$

الحل : الاختيار الصحيح : Ⓓ

---

٣ ما المركبان اللذان يمكن التمييز بينهما باستخدام ماء البروم ؟

Ⓐ C_3H_8 ، C_2H_6 Ⓑ C_4H_8 ، C_3H_8 Ⓒ C_5H_{12} ، C_4H_{10} Ⓓ $C_{10}H_{22}$ ، C_8H_{18}

فكرة الحل :

∵ مركبى C_3H_8 ، C_2H_6 من الألكانات التى لا تتفاعل مع ماء البروم [وإنما تتفاعل مع أبخرة البروم فقط].

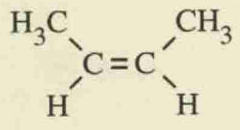
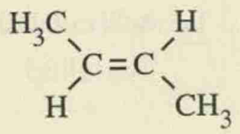
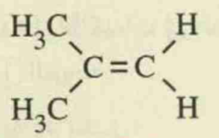
∴ يستبعد الاختيار Ⓐ

∵ مركب C_3H_8 من الألكانات ، بينما مركب C_4H_8 من الألكينات.

∴ C_3H_8 لن يتفاعل مع ماء البروم، بينما C_4H_8 يتفاعل معه مسببًا زوال لون البروم الأحمر.

الحل : الاختيار الصحيح : Ⓑ

٤ أى من المركبات الآتية يتفاعل مع HBr تبعًا لقاعدة ماركونيكوف ؟

(أ)	(ب)	(ج)	(د)
$H_2C=CH_2$			

فكرة الحـل :

∵ قاعدة ماركونيكوف تُطبق على الألكينات غير المتماثلة فقط.

∴ تستبعد الاختيارات (أ) ، (ب) ، (ج)

الحـل : الاختيار الصحيح : (د)

٥ عند إضافة بروميد الهيدروجين إلى المركب CH_2CHBr يتكون ....

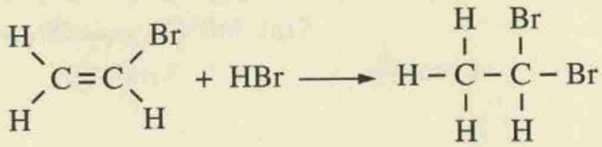
(أ) 1 ، 1– ثنائى بروموإيثين.

(ب) 1 ، 1– ثنائى بروموإيثان.

(ج) 1 ، 2– ثنائى بروموإيثين.

(د) 1 ، 2– ثنائى بروموإيثان.

فكرة الحـل :

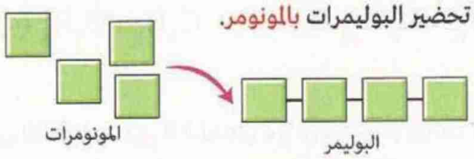


1 ، 1– ثنائى بروموإيثان

الحـل : الاختيار الصحيح : (ب)

٤ تفاعلات البلمرة Polymerization

- **بوليمـر** (Polymeros) كلمة يونانية معناها **عديد الوحدات** (Poly تعنى عديد ، mero تعنى وحدة).
- **تعتبر عملية البلمرة من** التفاعلات الكيميائية الهامة التى فتحت الباب على مصراعيه لتحضير العديد من المنتجات التى ساهمت فى ازدهار الحضارة.
- تعرف عملية تجمع عدد كبير من جزيئات مركبات بسيطة (مونومرات) يتراوح عددها من 10^2 : 10^6 جزىء لتكوين جزىء كبير عملاق ذو كتلة مولية كبيرة (بوليمر) **بعملية البلمرة**.
- ويعرف الجزىء الكبير جدًا الناتج عن عملية البلمرة **بالبوليمر**.
- والجزىء الأولى الصغير المستخدم فى تحضير البوليمرات **بالمونومر**.



تتجمع المونومرات مكونة البوليمر

الطريقتين الأساسيتين لعملية البلمرة، هما :

(أ) البلمـرة بالإضافـة

(ب) البلمـرة بالتكاثـف

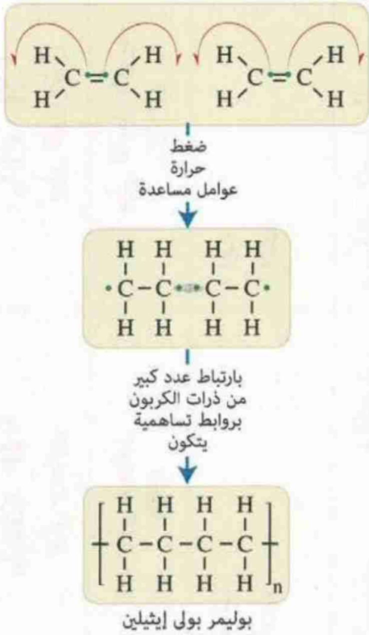
أ البلمرة بالإضافة Addition polymerization

- هى عملية إضافة أعداد كبيرة جدًا من جزيئات مركب غير مشبع (مونومر) إلى بعضها لتكوين جزىء مشبع كبير جدًا (بوليمر).
- تتميز **الألكينات** بقدرتها على تكوين بوليمرات بالإضافة.
- فعند تسخين الإيثين تحت ضغط مرتفع (حوالى 1000 atm) فى وجود فوق الأكاسيد -**كمواد بادئة للتفاعل**- يتكون **البولى إيثيلين**.

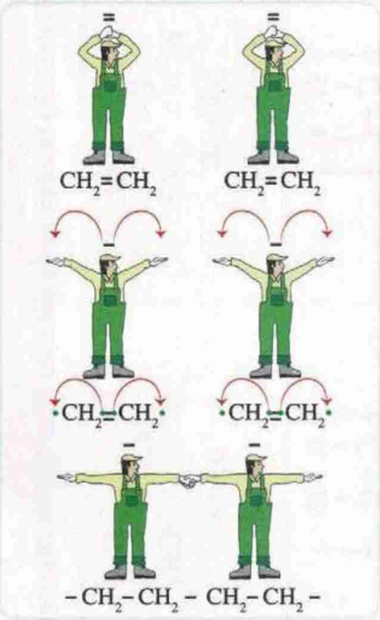
الكتلة المولية للإيثين	28 g/mol
الكتلة المولية للبولى إيثيلين	30016 g/mol

تفسير عملية بلمرة الإيثين بالإضافة

- عند تسخين الإيثين تحت ضغط مرتفع تنكسر الرابطة باى (π) ويتحرر إلكترونى هذه الرابطة، ليصبح لكل ذرة كربون إلكترون حر.
- ترتبط كل ذرتى كربون مع بعضهما عن طريق الإلكترونين الحرين برابطة تساهمية أحادية.
- تستمر هذه العملية لتكوين سلاسل طويلة من جزيئات البوليمر.



بوليمر بولى إيثيلين (وحدتين متكررتين)

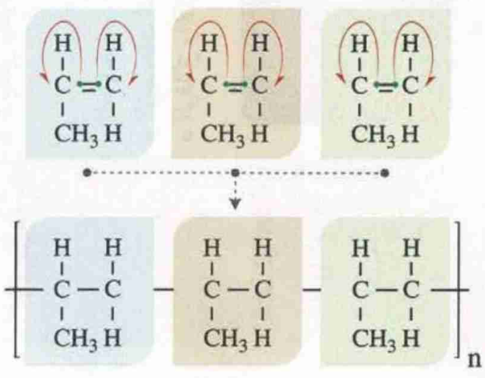


كاريكاتير يوضح مفهوم البلمرة بالإضافة

مثال

ارسم الصيغة البنائية لثلاث وحدات متكررة من ناتج بلمرة البروبين.

الحل



ملحوظة

* **البوليمر المتكون بطريقة الإضافة :**
  - **يتفق مع المونومر المكون له،** من حيث : كتل كل من المواد المستخدمة – المواد الناتجة – الصيغة الأولية.
  - **يختلف مع المونومر المكون له،** من حيث : الكتلة المولية – درجة الغليان – الكثافة – الصيغة الجزيئية.

بوليمرات الألكينات و مشتقاتها المتكونة بطريقة الإضافة

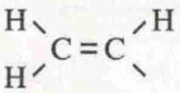
الجدول التالى يوضح مونومرات الألكينات ومشتقاتها والبوليمرات الناتجة عنها بالإضافة وأهم خواصها واستخداماتها :

المونومر	$H_2C=CH_2$ إيثيلين (إيثين)	$H_2C=CH-CH_3$ بروبلين (بروبين)	$H_2C=CHCl$ كلوروإيثين (كلوريد ڤاينيل)	$F_2C=CF_2$ رباعى فلوروإيثين
البوليمر	$-[CH_2-CH_2]_n-$ بولى إيثيلين	$-[CH_2-CH(CH_3)]_n-$ بولى بروبلين	$-[CH_2-CHCl]_n-$ بولى كلوروإيثين	$-[CF_2-CF_2]_n-$ بولى رباعى فلوروإيثين
الاسم التجارى	بولى إيثيلين (PE)	بولى بروبلين (PP)	بولى ڤاينيل كلوريد (PVC)	تفلون
خواص البوليمر	* لين. * لا يتأثر بالمواد الكيميائية.	* صلب. * قوى.	* لين. * قوى.	* يتحمل الحرارة. * غير قابل للالتصاق. * عازل للكهرباء. * خامل.
استخدامات البوليمر	* الخراطيم. * الزجاجات البلاستيك. * الرقائق والأكياس البلاستيك.  رقائق بلاستيك	* السجاد. * المفارش. * المعلبات. * الشكائر البلاستيك.  شكائر بلاستيك	* مواسير الصرف الصحى والرى. * الأحذية. * خراطيم المياه. * جراكن الزيوت المعدنية. * عوازل الأرضيات.  عوازل الأرضيات	* الخيوط الجراحية. * تبطين أوانى الطهى (التيفال).  إناء طهى مطلى بمادة التيفال

ملحوظة

مجموعة الڤاينيل

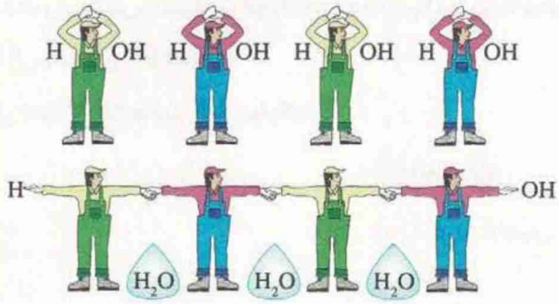
عبارة عن مجموعة (شق) تنشأ عن نزع ذرة هيدروچين من الإيثين



م. ڤاينيل

ب البلمرة بالتكاثف

- **هى** عملية تكاثف (ارتباط مع فقد جزىء بسيط مثل الماء) تتم بين مونومرين مختلفين -غالبًا- لتكوين بوليمر مشترك يمثل الوحدة الأولى التى تستمر بها عملية البلمرة.



كاريكاتير يوضح مفهوم البلمرة بالتكاثف

- سوف يتم استعراض عمليات البلمرة بالتكاثف فى **الدرس العاشر** من 5 صفحة (١٧٥).

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

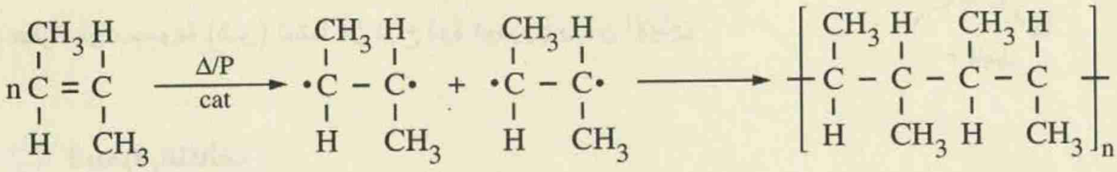
مخرج التعلم: التعرف على أنواع التفاعلات العضوية المختلفة وإسهاماتها فى تحضير العديد من المنتجات المستخدمة فى حياتنا اليومية.

١ أى مما يأتى يعبر عن مونومر و بوليمر متكون منه ؟

الاختيارات	المونومر	البوليمر
أ	$CH_3CH=CHCH_3$	$\left[CH(CH_3)-CH(CH_3)-CH(CH_3)-CH(CH_3)\right]_n$
ب	$CH_2=CHCl$	$\left[CHCl-CHCl-CHCl-CHCl\right]_n$
ج	$CH_3CH=CH_2$	$\left[CH_3-CH_2-CH_2-CH_3-CH_2-CH_2\right]_n$
د	$CH_2=CHCH_2CH_3$	$\left[CH_2-CH_2-CH_2-CH(CH_2CH_3)\right]_n$

فكرة الحـل :

بلمرة المونومر الموضح بالاختيار (أ) بالإضافة تتم حسب المعادلة التالية :



الحـل : الاختيار الصحيح : (أ)

---

٢ **استبدل البنك المركزى المصرى بعض العملات الورقية بعملات بلاستيكية مصنعة من بوليمر صلب وقوى، تصل كتلته المولية أحيانًا إلى 42000 g/mol**

ما المونومر المستخدم فى صناعة العملات البلاستيكية ؟

[C = 12 , H = 1 , Cl = 35.5]

(أ) الإيثاين. (ب) البروبين.

(ج) كلوروإيثان. (د) كلوريد ڤاينيل.

فكرة الحـل :

∵ كلورو إيثان مركب مشبع لا يستخدم كمونومر فى عمليات البلمرة.

∴ يستبعد الاختيار (ج)

∵ كلوريد ڤاينيل بوليمر لين وليس صلب.

∴ يستبعد الاختيار (د)

الكتلة المولية للبوليمر = عدد مرات تكرار المونومر (n) × الكتلة المولية للمونومر

∵ الكتلة المولية من الإيثاين $C_2H_2 = (2 \times 12) + 2 = 26$ g/mol

∴ $n = \frac{42000}{26} = 1615.38$

∵ n رقم غير صحيح.

∴ يستبعد الاختيار (أ)

∵ الكتلة المولية من البروبين $C_3H_6 = (3 \times 12) + 6 = 42$ g/mol

∴ $n = \frac{42000}{42} = 1000$

∵ n رقم صحيح ومن خواص البولى بروبلين أنه صلب وقوى.

∴ المونومر المستخدم هو البروبين.

الحـل : الاختيار الصحيح : (ب)

سلسلة الألكاينات

- **الألكاينات** هى هيدروكربونات أليفاتية غير مشبعة مفتوحة السلسلة، يوجد بين ذرات الكربون فى جزيئاتها رابطة ثلاثية واحدة على الأقل.
- تسمى سلسلة الألكاينات باسم **الأسيتيلينات**، **لأن** أول مركب فى هذه المجموعة هو الإيثاين واسمه الشائع الأسيتيلين.
- **الألكاينات سلسلة متجانسة قانونها العام :**

$$C_nH_{2n-2} \qquad (n > 1)$$

حيث n تمثل عدد ذرات الكربون فى الألكاين

- تشتق الألكاينات من الألكانات المقابلة لها بانتزاع **أربع ذرات هيدروجين** منها، وعلى هذا الأساس يقل كل مركب فى هذه السلسلة عن الألكان المقابل له بعدد 4 ذرات هيدروجين مع استبدال الخاتمة (-ان) فى اسم الألكان بالخاتمة (-اين) فى اسم الألكاين المقابل.

$$\underset{\text{ألكان}}{C_nH_{2n+2}} \xrightarrow{-4H} \underset{\text{ألكاين}}{C_nH_{2n-2}}$$

تطبيق

$$\underset{\text{إيثان}}{C_2H_6} \xrightarrow{-4H} \underset{\text{إيثاين}}{C_2H_2}$$

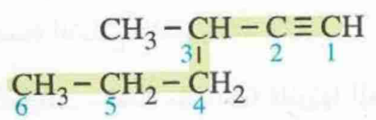


تسمية الأيوباك لمركبات الألكاينات

يراعى مراجعة تسمية الألكانات، مراعاةً لعدم تكرار بعض النقاط الأساسية فى تسمية جميع المركبات العضوية، ثم تراعى الخطوات التالية

	الخطـــوات
الخطوة الأولى	تحديد أطول سلسلة كربونية تحتوى على رابطة ثلاثية (≡)
الخطوة الثانية	تسمية أطول سلسلة كربونية باسم البادئة المعبرة عن عدد ذرات الكربون، وتضاف الخاتمة (- اين) إلى نهاية اسم السلسلة الأساسية
الخطوة الثالثة	ترقيم السلسلة الأساسية من الطرف الأقرب إلى الرابطة الثلاثية (≡)
الخطوة الرابعة	تحديد موضع واسم التفرع
الخطوة الخامسة	عند وجود أكثر من تفرع ترتب التفرعات أبجديًا حسب أسمائها اللاتينية (الإنجليزية مجازًا) دون التقيد بالترتيب الرقمى لها على ذرات كربون السلسلة الأساسية

تطبيق ١



أطول سلسلة كربونية بها رابطة ثلاثية تحتوى على 6 ذرات كربون

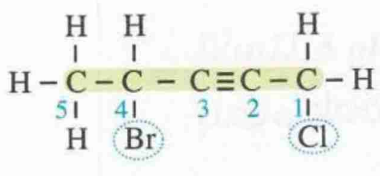
السلسلة الأساسية فى هذا المركب تسمى هكساين

ترقيم السلسلة الأساسية فى هذا المركب 1- هكساين

موضع واسم التفرع فى هذا المركب 3- ميثيل

∴ اسم المركب : 3- ميثيل -1- هكساين

تطبيق ٢

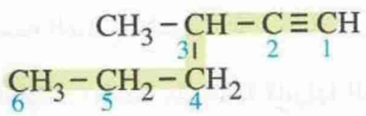
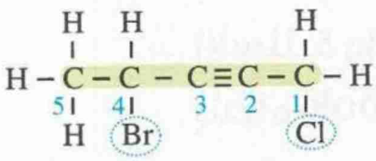


1- كلورو -4- برومو -2- بنتاين **تسمية خطأ** ✗

4- برومو -1- كلورو -2- بنتاين **تسمية صواب** ✓

تسمية الأيوباك لمركبات الألكاينات

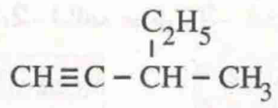
يراعى مراجعة تسمية الألكانات، مراعاةً لعدم تكرار بعض النقاط الأساسية فى تسمية جميع المركبات العضوية، ثم تراعى الخطوات التالية

	الخطـــوات	تطبيق
الخطوة الأولى	تحديد أطول سلسلة كربونية تحتوى على رابطة ثلاثية (≡)	**تطبيق ١**  أطول سلسلة كربونية بها رابطة ثلاثية تحتوى على 6 ذرات كربون
الخطوة الثانية	تسمية أطول سلسلة كربونية باسم البادئة المعبرة عن عدد ذرات الكربون، وتضاف الخاتمة (– اين) إلى نهاية اسم السلسلة الأساسية	السلسلة الأساسية فى هذا المركب تسمى هكساين
الخطوة الثالثة	ترقيم السلسلة الأساسية من الطرف الأقرب إلى الرابطة الثلاثية (≡)	ترقيم السلسلة الأساسية فى هذا المركب 1– هكساين
الخطوة الرابعة	تحديد موضع واسم التفرع	موضع واسم التفرع فى هذا المركب 3– ميثيل ∴ اسم المركب : 3– ميثيل –1– هكساين
الخطوة الخامسة	عند وجود أكثر من تفرع ترتب التفرعات أبجديًا حسب أسمائها اللاتينية (الإنجليزية مجازًا) دون التقيد بالترتيب الرقمى لها على ذرات كربون السلسلة الأساسية	**تطبيق ٢**  1– كلورو –4– برومو –2– بنتاين **تسمية خطـأ** ✗ 4– برومو –1– كلورو –2– بنتاين **تسمية صواب** ✓

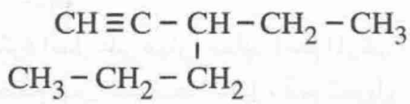
مثال ١

اكتب تسمية الأيوباك لكل من المركبات المعبر عنها بالصيغ البنائية التالية :

(١)



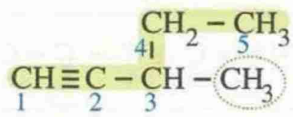
(٢)



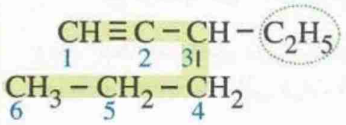
فكرة الحل

يتم رسم الصيغة البنائية فى الصورة الآتية لتسهيل تحديد السلسلة الأساسية :

(١)



(٢)



الحل

(١) 3– ميثيل –1– بنتاين

(٢) 3– إيثيل –1– هكساين

مثال ٢

اكتب تسمية الأيوباك لكل من الصيغ البنائية المكثفة التالية :

(١) $CH_3(CH_2)_2CCCH_3$

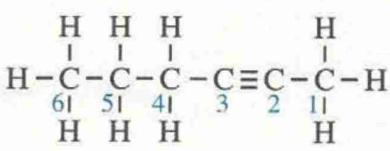
(٢) $CH_3CCCH_2CH_3$

فكرة الحل

تعتمد على تحويل الصيغة البنائية المكثفة إلى صيغة بنائية تتضح فيها الروابط التساهمية.

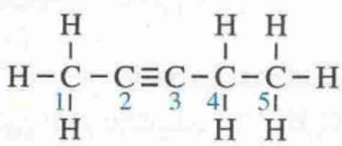
الحل

(١)



2– هكساين

(٢)



2– بنتاين

مثال ٣

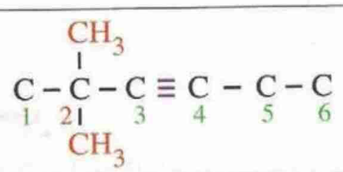
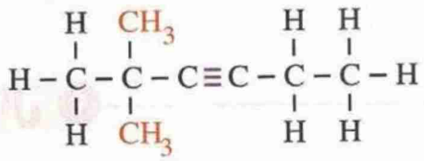
ارسم الصيغة البنائية لمركب 2،2– ثنائى ميثيل –3– هكساين.

الحل

تعتمد فكرة الحل على مهارة تحليل اسم المركب كما يتضح من المخطط المقابل، ثم تحويل ما تم استنباطه إلى رسم الصيغة البنائية من خلال عدة خطوات كالتالى :

2،2– ثنائى ميثيل –3– هكساين

1. أطول سلسلة كربونية (السلسلة الأساسية) تحتوى على 6 ذرات كربون
2. ترتبط ذرة الكربون رقم 3 مع ذرة الكربون رقم 4 برابطة ثلاثية
3. تتفرع مجموعتى ميثيل من ذرة الكربون رقم 2

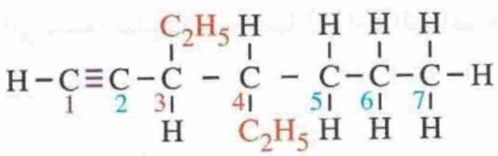
	خطوات الحل	التطبيق
الخطوة الأولى	رسم سلسلة تتكون من 6 ذرات كربون مع ترقيمها من أحد الطرفين	C C C C C C 1 2 3 4 5 6
الخطوة الثانية	رسم رابطة ثلاثية بين ذرتى الكربون 3 ، 4 وروابط أحادية بين باقى ذرات الكربون	C – C – C ≡ C – C – C 1 2 3 4 5 6
الخطوة الثالثة	إضافة مجموعتى ميثيل على ذرة الكربون رقم 2	
الخطوة النهائية	إضافة ذرات هيدروچين إلى ذرات الكربون بما يُكمل تكافؤها الرباعى	

مثال ٤

اكتب الصيغة البنائية والصيغة الجزيئية للمركب 3، 4– ثنائى إيثيل –1– هبتاين.

الحل

الصيغة البنائيــة :



الصيغة الجزيئية : $C_{11}H_{20}$

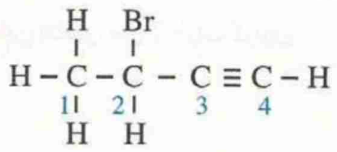
للتأكد من صحة الإجابة يتم التعويض عن قيمة n بالمقدار 11 فى القانون العام للألكاينات : C_nH_{2n-2}

$$C_{11}H_{(2\times11)-2} \longrightarrow C_{11}H_{20}$$ ✔

مثال ٥

ارسم الصيغة البنائية للمركب : 2– برومو –3– بيوتاين، موضحًا وجه الاعتراض على هذه التسمية، ثم اكتب الاسم الصحيح لهذا المركب تبعًا لنظام الأيوباك.

الحل

الصيغة البنائية للمركب	وجه الاعتراض على التسمية	التسمية الصحيحة
	الترقيم لم يبدأ من الطرف الأقرب للرابطة الثلاثية	3– برومو –1– بيوتاين

مثال ٦

ألكاين كتلته المولية 54 g/mol : **[C = 12 , H = 1]**

(١) استنتج الصيغة الجزيئية له.

(٢) اكتب الصيغ البنائية المحتملة له.

الحل

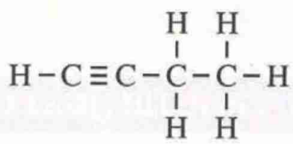
(١) ∵ الصيغة العامة للألكاينات هى : C_nH_{2n-2}

$\therefore\ 12n + 2n - 2 = 54$

$\therefore\ n = 4$

∴ الصيغة الجزيئية للألكاين : $C_4H_{(2\times4)-2}$ ← C_4H_6

(٢)

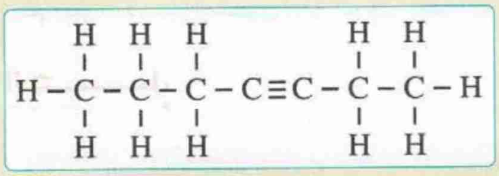
	....

اختبر نفسك بكتابة الصيغة البنائية لأيزومر المركب

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: تسمية المركبات العضوية (الألكاينات) بنظام الأيوباك.

١ ما تسمية الأيوباك للمركب المقابل ؟



(أ) 3– هبتين.　　(ب) 4– هبتاين.

(ج) 3– هبتاين.　　(د) 4– هبتين.

فكرة الحل :

∵ أطول سلسلة كربونية متصلة تحتوى على رابطة ثلاثية (≡) فى هذا الألكاين تتكون من 7 ذرات كربون والرابطة الثلاثية تكون بين ذرتى الكربون 3 ، 4

∴ تسمية الأيوباك للمركب : 3– هبتاين.

الحل : الاختيار الصحيح : (ج)

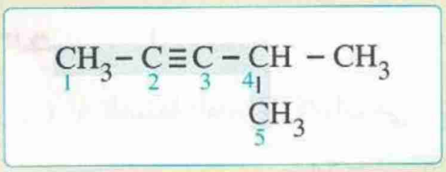
---

٢ ما تسمية الأيوباك لهذا المركب : $CH_3 - C \equiv C - CH(CH_3)_2$ ؟

(أ) 4– ميثيل –2– بنتاين.　　(ب) 4،4– ثنائى ميثيل –2– بيوتاين.

(ج) أيزوبروبيل ميثيل أسيتيلين.　　(د) 2– ميثيل – 4 – بنتاين.

فكرة الحل :



∵ أطول سلسلة كربونية متصلة تحتوى على رابطة ثلاثية (≡) فى هذا الألكاين تتكون من 5 ذرات كربون والرابطة الثلاثية تكون بين ذرتى الكربون 2 ، 3

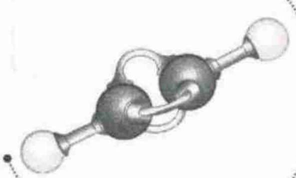
∴ السلسلة الأساسية لهذا المركب : 2– بنتاين.

∵ مجموعة الميثيل $-CH_3$ تتفرع من ذرة الكربون رقم 4

∴ تسمية الأيوباك للمركب : 4– ميثيل –2– بنتاين.

الحل : الاختيار الصحيح : (أ)

الإيثاين C_2H_2 كمثال للألكاينات



الإيثاين

- **يعتبر الإيثاين أول مركبات سلسلة** الألكاينات.
- **الاسم الشائع** للإيثاين هو **الأسيتيلين**.

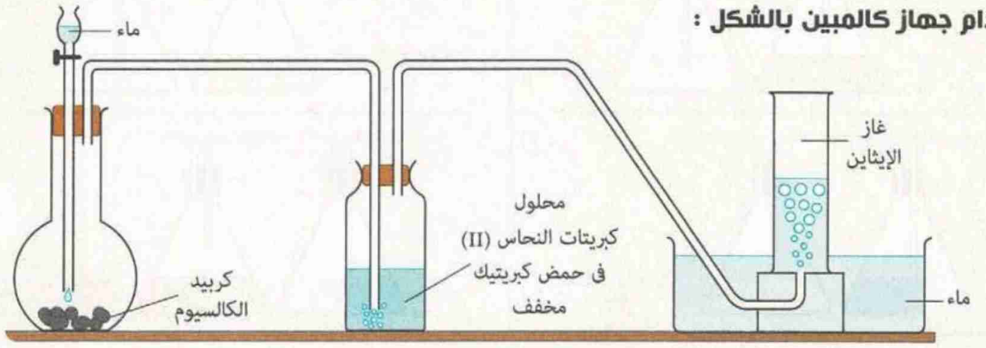
تحضير غاز الإيثاين

طريقتى تحضير غاز الإيثاين

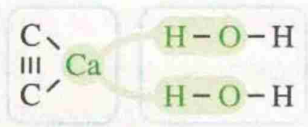
أ - فى المعمل
ب - فى الصناعة

أ تحضير غاز الإيثاين فى المعمل

- **يُحضر** غاز الإيثاين **فى المعمل بتنقيط الماء** (قطرة قطرة) **على كربيد الكالسيوم باستخدام جهاز كالمبين بالشكل :**



جهاز تحضير غاز الإيثاين فى المعمل



$$\text{CaC}_{2(s)} + 2H_2O_{(l)} \longrightarrow H-C\equiv C-H_{(g)} + Ca(OH)_{2(aq)}$$

كربيد الكالسيوم ← إيثاين

- **يمرر غاز الإيثاين** قبل جمعه **على** محلول كبريتات النحاس (II) فى حمض الكبريتيك المخفف، **لإزالة** غازى الفوسفين (PH_3) وكبريتيد الهيدروچين (H_2S) الناتجين من الشوائب الموجودة فى كربيد الكالسيوم.
- **يُجمع غاز الإيثاين** فوق سطح الماء (بإزاحة الماء لأسفل)، **لأن** كثافة غاز الإيثاين أقل من كثافة الماء ولا يذوب فيه.

ب تحضير غاز الإيثاين فى الصناعة

- **يُحضر** غاز الإيثاين فى الصناعة **بتسخين الغاز الطبيعى** المحتوى على نسبة عالية (93%) من غاز الميثان لدرجة حرارة مرتفعة (تصل إلى $1500^\circ C$) ثم التبريد السريع للناتج.

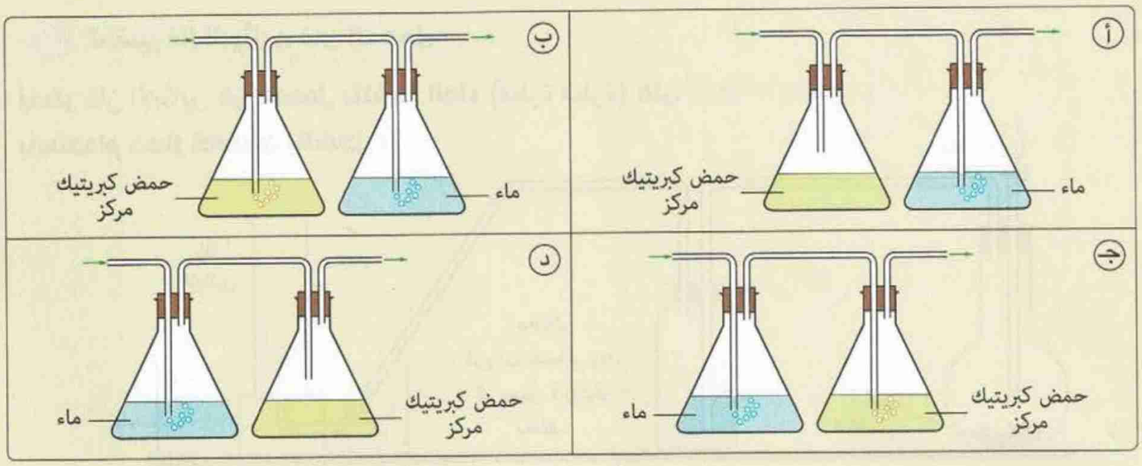
$$2CH_{4(g)} \xrightarrow[\text{تبريد سريع}]{1500^\circ C} C_2H_{2(g)} + 3H_{2(g)}$$

ميثان ← إيثاين

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: يشرح طرق تحضير الهيدروكربونات (الألكاينات).

١ **يستخدم حمض الكبريتيك المركز فى تجفيف كل من غاز كلوريد الهيدروچين وغاز الإيثاين.**
أى الأجهزة التالية تستخدم فى الحصول على غاز الإيثاين جافًا من خليط منه مع غاز كلوريد الهيدروچين ؟



فكرة الحل :

∵ للحصول على غاز الإيثاين يتم التخلص أولًا من غاز كلوريد الهيدروچين، وذلك بإمراره فى الماء (حيث يذوب غاز كلوريد الهيدروچين فقط ولا يذوب غاز الإيثاين).

∴ يستبعد الاختيارين ⓐ ، ⓑ

∵ يلزم لتجفيف غاز الإيثاين إمراره داخل حمض الكبريتيك المركز (وليس على سطحه فقط).

∴ يستبعد الاختيار ⓓ

الحل : الاختيار الصحيح : ⓒ

٢ **ما حجم غاز الإيثاين الذى يمكن الحصول عليه من التأثير الحرارى على 200 L من غاز الميثان، فى نفس الظروف من الضغط و درجة الحرارة ؟**

ⓐ 400 L ⓑ 200 L ⓒ 100 L ⓓ 50 L

فكرة الحل :

$$2CH_{4(g)} \xrightarrow[\text{تبريد سريع}]{1500°C} C_2H_{2(g)} + 3H_{2(g)}$$

2 mol	1 mol
(2 × 22.4) L	22.4 L
200 L	? L

∴ حجم غاز الإيثاين $= \frac{200 \times 22.4}{2 \times 22.4} = 100\ L$

الحل : الاختيار الصحيح : ⓒ

الخواص الكيميائية للإيثاين

من أهم أنواع التفاعلات الكيميائية التى يشترك فيها غاز الإيثاين :

١ تفاعلات الاحتراق

٢ تفاعلات الإضافة

١ تفاعلات الاحتراق

- **تتوقف نواتج احتراق غاز الإيثاين على كمية الأكسجين، كالتالى :**

الاحتراق فى كمية محدودة من الأكسجين (الهواء الجوى)

- يحترق غاز الإيثاين فى الهواء الجوى بلهب مدخن،
لأن كمية الأكسجين الموجودة فى الهواء محدودة
لا تكفى لاحتراق كل الكربون الموجود فى الإيثاين.

$$2C_2H_{2(g)} + 3O_{2(g)} \xrightarrow[\text{كمية محدودة}]{\Delta} 2CO_{2(g)} + 2H_2O_{(v)} + 2C_{(s)}$$

أكسجين
الهواء الجوى



يحترق غاز الإيثاين فى الهواء بلهب مدخن

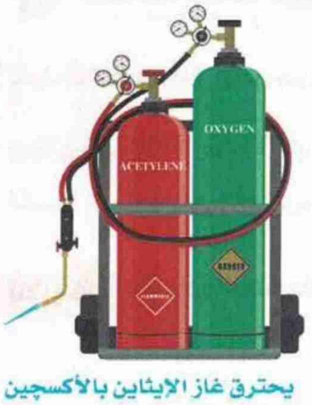
الاحتراق فى وفرة من غاز الأكسجين (الأكسجين النقى)

- يحترق غاز الإيثاين تمامًا فى وفرة من غاز الأكسجين النقى فى تفاعل طارد للحرارة.

$$2C_2H_{2(g)} + 5O_{2(g)} \xrightarrow[\text{كمية وفيرة}]{\Delta} 4CO_{2(g)} + 2H_2O_{(v)} + \text{Heat}$$

أكسجين نقى

- يعطى تفاعل الاحتراق التام للإيثاين (الأسيتيلين) لهب تصل درجة حرارته إلى $3000^\circ C$ يُعرف باسم لهب الأكسى أسيتيلين والذى يستخدم فى عمليات قطع ولحام المعادن.



يحترق غاز الإيثاين بالأكسجين النقى لتكوين لهب الأكسى أسيتيلين

للاطلاع فقط

لماذا يستخدم الأسيتيلين فى أغراض اللحام رغم أن حرارة احتراقه أقل من حرارة احتراق كل من الإيثان والإيثين ؟

عند مقارنة عدد مولات الأكسچين اللازمة للتفاعل مع مول من كل مركب منهم وكذلك عدد مولات الماء الناتجة عن عملية الاحتراق.

إيثان $C_2H_{6(g)} + 3.5O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} 2CO_{2(g)} + 3H_2O_{(v)}$ $\Delta H = -1560$ kJ/mol

إيثين $C_2H_{4(g)} + 3O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} 2CO_{2(g)} + 2H_2O_{(v)}$ $\Delta H = -1387$ kJ/mol

أسيتيلين $C_2H_{2(g)} + 2.5O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} 2CO_{2(g)} + H_2O_{(v)}$ $\Delta H = -1300$ kJ/mol

- نلاحظ أن كمية الحرارة اللازمة لتنشيط الأكسچين فى بداية التفاعل واللازمة لتبخر الماء الناتج من التفاعل تكون فى حالة الأسيتيلين **أقل مما** فى حالتى الإيثان والإيثين.

٢ تفاعلات الإضافة

- الإيثاين **مركب غير مشبع لذا** فهو يتفاعل غالبًا **بالإضافة** – مثل غاز الإيثين – **إلا أن** تفاعلات **الإضافة** للإيثاين **تتم على مرحلتين، لأن** جزىء الإيثاين يحتوى على **رابطتين باى (π)** بجانب الرابطة سيجما (σ) فتتحول الرابطة الثلاثية إلى رابطة ثنائية فى المرحلة الأولى، ثم تتحول الرابطة الثنائية إلى رابطة أحادية فى المرحلة الثانية.

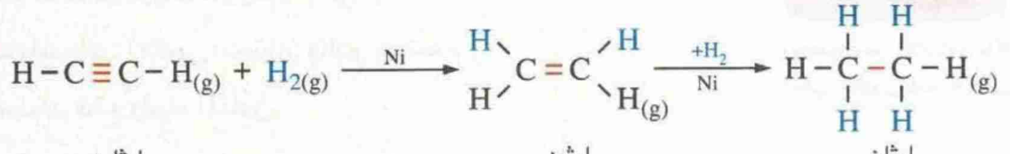
تفاعلات الألكاينات بالإضافة

- أ) تفاعلات إضافة **الهيدروچين (H_2)**
- ب) تفاعلات إضافة **الهالوچينات (X_2)**
- ج) تفاعلات إضافة **هاليدات الهيدروچين (HX)**
- د) تفاعلات إضافة **الماء (HOH) فى وجود عوامل حفازة**

أ تفاعلات إضافة الهيدروچين (H_2) إلى الإيثاين (الهدرجة الحفزية)

- تعرف تفاعلات إضافة الهيدروچين إلى الألكاينات فى وجود عوامل حفازة لتكوين الألكانات المقابلة **بتفاعلات هدرجة الألكاينات.**
- يحتاج كل 1 mol من الألكاين المحتوى على رابطة ثلاثية واحدة إلى 2 mol من جزيئات الهيدروچين لكسر الروابط باى (π) الموجودة فيه لتحويله إلى مركب **مشبع** (الألكان المقابل).

تطبيق تفاعلات **الهدرجة الحفزية** للإيثاين **فى وجود النيكل المجزأ** – كعامل حفاز – **لتكوين الإيثان.**



إيثاين إيثين إيثان

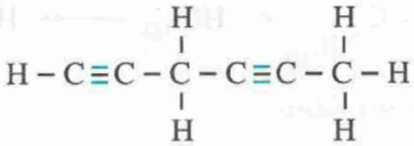
مثـال

ما عدد مـولات الهيدروچيـن اللازمـة لتحويل 1 mol من المركب المقابل إلى مركب مشبع ؟

$HCCCH_2CCCH_3$

الحـــل

الصيغة البنائية للمركب :



∵ المول من هذا المركب يحتوى على 4 mol من الرابطة باى (π).

∴ يلزم 4 mol من جزيئات الهيدروچين لتحويل 1 mol من هذا الألكاين إلى مركب مشبع.

ب تفاعلات إضافة الهالوچينات (X_2) إلى الإيثاين (الهلجنة)

- **يتفاعل** الإيثاين **مع الهالوچينات بشدة**، ويكون التفاعل **مصحوبًا بلهب (ضوء)** عند التفاعل **مع الكلور**.
- **يُستفاد من** تفاعل هلجنة الألكاينات **فى الكشف عن عدم تشبعها**، فعند إمرار غاز الإيثاين فى ماء البروم (البروم المذاب فى رابع كلوريد الكربون) يزول لون ماء البروم الأحمر.

$$\underset{\text{إيثاين}}{H-C\equiv C-H_{(g)}} + Br_{2(\ell)} \xrightarrow{CCl_4} \underset{\text{2،1- ثنائى بروموإيثين}}{BrCH=CHBr_{(\ell)}} \xrightarrow[CCl_4]{+Br_2} \underset{\text{2،2،1،1- رباعى بروموإيثان}}{Br-\overset{Br}{\overset{|}{C}}H-\overset{Br}{\overset{|}{C}}H-Br_{(\ell)}}$$

ملحوظات

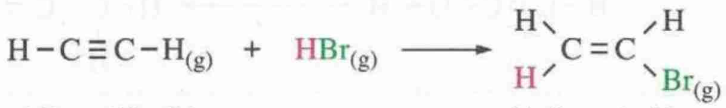
- * **يتفاعل الميثان مع غاز الكلور فى وجود الأشـعة فوق البنفسجية (تفاعل استبدال)، ولا يتفاعل مع ماء البروم.**
- * **يتفاعـل كل من الإيثين و الإيثاين مع ماء البروم (بالإضافـة) مما يؤدى إلى زوال لون البروم الأحمر فــى الحالتين، لذا لا يصلح البروم المذاب فى رابع كلوريد الكربون فى التمييز بين الإيثين و الإيثاين لأن البروم يتفاعل مع كل منهما بالإضافة.**

ج تفاعلات إضافة هاليدات الهيدروچين (الأحماض الهالوچينية HX) إلى الإيثاين

- تتفاعــل هـاليـدات الهيـدروچـيـن مثل بروميد الهيدروچين **(متفاعل غير متماثل)** مع الإيثاين على خطوتين، **كالتالى :**

الخطوة الأولى

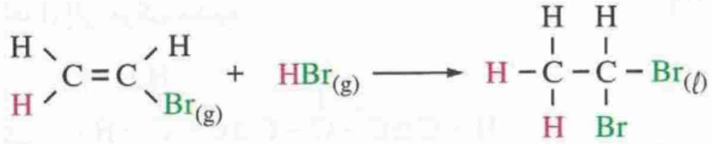
لا تخضع لقاعدة ماركونيكوف، **لأن** الإيثاين من الألكاينات **المتماثلة**.



إيثاين (ألكاين متماثل) — بروموإيثين (بروميد ڤاينيل)

الخطوة الثانية

- **تخضع** لقاعدة ماركونيكوف، لأن البروموإيثين مركب **غير متماثل.**



بروموإيثين (ألكين غير متماثل) — 1،1– ثنائى بروموإيثان

- **ويمكن إجمال تفاعلى الخطوتين، كالتالى :**

$$C_2H_{2(g)} + HBr_{(g)} \longrightarrow H_2C = CHBr_{(g)} \xrightarrow{HBr} CH_3 - CHBr_{2(\ell)}$$

إيثاين — بروموإيثين (بروميد ڤاينيل) — 1،1– ثنائى بروموإيثان

أداء ذاتى

وضح بالمعادلات الرمزية الموزونة كيفية الحصول على مركب 1،1– ثنائى بروموإيثان من الميثان.

....

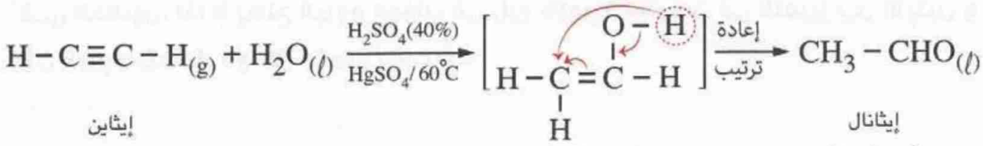
....

....

....

د تفاعلات إضافة الماء (HOH) إلى الإيثاين (الهيدرة الحفزية)

- يعرف تفاعل الإيثاين مع الماء بالإضافة فى وجود عوامل حفازة (كبريتات زئبق (II) و حمض كبريتيك 40%) عند درجة حرارة $60^\circ C$ لتكوين الإيثانال (الأسيتالدهيد) **بالهيدرة الحفزية للإيثاين.**



إيثاين — كحول الڤاينيل (مركب غير ثابت) — إيثانال (أسيتالدهيد)

للاطلاع فقط

- لماذا يعتبر مركب كحول الڤاينيل غير ثابت ويحدث له إعادة ترتيب جزيئى متحولًا إلى الأسيتالدهيد ؟

لأن زوجى الإلكترونات الحرة الموجودين على ذرة أكسچين مجموعة (OH–) يتنافرا مع إلكترونى الرابطة باى (π) الضعيفة الموجودة بين ذرتى الكربون.



أداء ذاتي

اكتب الصيغة البنائية لأيزومر المركب الناتج من الهيدرة الحفزية للإيثاين.

....


إيثانال (أسيتالدهيد)

ومن أهم تفاعلات الألدهيدات تفاعلى : **الأكسدة** و **الاختزال**

تفاعلات أكسدة الألدهيدات

- **تتأكسد** الألدهيدات **بسهولة بواسطة** العوامل المؤكسدة، **مثل :** برمنجنات البوتاسيوم المحمضة **مكونة الأحماض الكربوكسيلية المقابلة**.

تطبيق أكسدة الإيثانال إلى حمض الإيثانويك.

$$CH_3-CHO_{(l)} \xrightarrow[\text{acidified } KMnO_4]{[O]} CH_3COOH_{(l)}$$

إيثانال (أسيتالدهيد) — حمض إيثانويك (حمض أسيتيك)

تفاعلات اختزال الألدهيدات

- **تختزل** الألدهيدات **بواسطة** العوامل المختزلة **مكونة الكحولات الأولية المقابلة**.

تطبيق اختزال الإيثانال إلى الإيثانول.

$$CH_3-CHO_{(l)} \xrightarrow[\text{reduction}]{H_2} CH_3CH_2OH_{(l)}$$

إيثانال (أسيتالدهيد) — إيثانول (كحول إيثيلى)

أداء ذاتي

وضح بالمعادلات الرمزية الموزونة كيف يمكنك الحصول على حمض الأسيتيك من كربيد الكالسيوم.

....

....

....

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

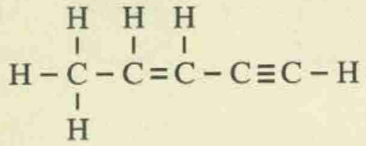
مخرج التعلم: التعرف على أنواع التفاعلات العضوية المختلفة (تفاعلات الألكاينات).

١ ما عدد مولات غاز الهيدروچين اللازمة لتشبع 1 mol من المركب $CH_3CHCHCCH$ ؟

ⓐ 2 mol ⓑ 3 mol ⓒ 4 mol ⓓ 5 mol

فكرة الحل :

الصيغة البنائية لهذا المركب :



∵ المول من هذا المركب يتضمن 1 mol من الرابطة (≡) ، 1 mol من الرابطة (=).

∴ المول من هذا المركب يحتوى على 3 mol من الرابطة باى.

وعليه يلزم 3 mol من الهيدروچين لتشبع 1 mol من هذا المركب.

الحل : الاختيار الصحيح : (ب)

---

٢ عند إضافة 1 mol من جزيئات البروم إلى المركب : $CH_2 = CH - CH_2 - C \equiv CH$

فى درجة حرارة منخفضة يتكون مركب ....

ⓐ $CH_2 = CH - CH_2 - CBr = CHBr$

ⓑ $BrCH_2 - CHBr - CH_2 - C \equiv CH$

ⓒ $CH_2 = CH - CH_2 - CH_2 - CBr_3$

ⓓ $CH_3 - CBr_2 - CH_2 - C \equiv CH$

فكرة الحل :

إضافة 1 mol من Br_2 إلى هذا المركب، يتسبب فى كسر 1 mol من الرابطة باى ضمن الرابطة الثلاثية (≡) الأكثر نشاطًا من الرابطة الثنائية (=).

الحل : الاختيار الصحيح : (أ)

---

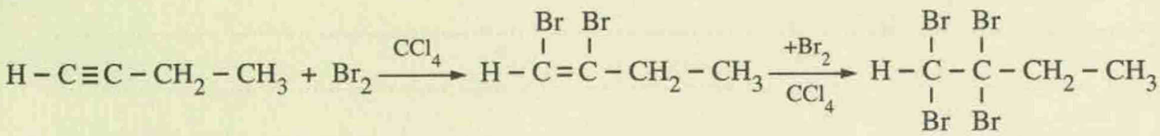
٣ عند معالجة المركب (X) بوفرة من ماء البروم يتكون مركب 2 ، 2 ، 3 ، 3– رباعى برومو بيوتان.

ما اسم المركب (X) ؟

ⓐ 1– بيوتاين. ⓑ 2– بيوتاين. ⓒ 1– بيوتين. ⓓ 2– بيوتين.

فكرة الحل :

∵ إضافة ماء البروم إلى مركب 1– بيوتاين يعبر عنه كالتالى :



1– بيوتاين 1,1,2,2– رباعى برومو بيوتان

∴ يستبعد الاختيار (أ)

∵ إضافة ماء البروم إلى مركب 2– بيوتاين يُعبر عنه كالتالى :

$$H_3C-C\equiv C-CH_3 + Br_2 \xrightarrow{CCl_4} H_3C-\underset{Br}{C}=\underset{Br}{C}-CH_3 \xrightarrow[CCl_4]{+Br_2} H_3C-\underset{Br}{\overset{Br}{C}}-\underset{Br}{\overset{Br}{C}}-CH_3$$

2– بيوتاين ‏ ‏ ‏ ‏ 2،2،3،3– رباعى برومويبوتان

◂ **الحـل :** الاختيار الصحيح : (ب)

---

٤ عند تفاعل المركب العضوى (A) مع المادة (B) فى وجود $H_2SO_4 + HgSO_4$ مع التسخين تتكون المادة (C) التى يمكن أكسدتها إلى حمض الإيثانويك. ما الصيغة الكيميائية للمركب (A) ؟

(أ) C_2H_4 ‏ ‏ (ب) C_2H_2 ‏ ‏ (جـ) C_3H_4 ‏ ‏ (د) C_4H_6

◂ **فكرة الحـل :**

∵ حمض الإيثانويك ينتج عن أكسدة الأسيتالدهيد.

$$\underset{\text{أسيتالدهيد}}{CH_3CHO_{(l)}} \xrightarrow{[O]} \underset{\text{حمض الأسيتيك (حمض الإيثانويك)}}{CH_3COOH_{(l)}}$$

∴ المادة (C) هى أسيتالدهيد.

∵ الأسيتالدهيد ينتج عن الهيدرة الحفزية للإيثاين C_2H_2

$$\underset{\text{إيثاين}}{H-C\equiv C-H_{(g)}} + H_2O_{(l)} \xrightarrow[HgSO_4/60°C]{H_2SO_4(40\%)} \underset{\text{إيثانال (أسيتالدهيد)}}{CH_3-CHO_{(l)}}$$

∴ المركب (A) هو الإيثاين C_2H_2

◂ **الحـل :** الاختيار الصحيح : (ب)

---

٥ أى مما يأتى لا يتفاعل مع الإيثاين ؟

(أ) HCl ‏ ‏ (ب) Mg ‏ ‏ (جـ) H_2O ‏ ‏ (د) Br_2

◂ **فكرة الحـل :**

∵ **الإيثاين يتفاعل مع كل مما يأتى بالإضافة :**

- مع HCl :

$$C_2H_{2(g)} + HCl_{(g)} \longrightarrow H_2C=CHCl_{(g)} \xrightarrow{HCl} CH_3-CHCl_{2(l)}$$

- مع H_2O :

$$C_2H_{2(g)} + H_2O_{(l)} \xrightarrow[HgSO_4/60°C]{H_2SO_4(40\%)} CH_3-CHO_{(l)}$$

- مع Br_2 :

$$C_2H_{2(g)} + Br_{2(l)} \xrightarrow{CCl_4} BrCH=CHBr_{(l)} \xrightarrow[CCl_4]{+Br_2} Br-\overset{Br}{CH}-\overset{Br}{CH}-Br_{(l)}$$

∴ تستبعد الاختيارات (أ) ، (جـ) ، (د)

◂ **الحـل :** الاختيار الصحيح : (ب)

الهيدروكربونات الحلقية

تصنف إلى :

- **أولاً** هيدروكربونات حلقية **مشبعة**
- **ثانياً** هيدروكربونات حلقية **غير مشبعة**

أولاً الهيدروكربونات الحلقية المشبعة

- تُعرف الهيدروكربونات المشبعة التى تحتوى جزيئاتها على ثلاث ذرات كربون على الأقل وتوجد فى شكل حلقى باسم **الألكانات الحلقية** وصيغتها العامة C_nH_{2n}

- **لا تصلح** الصيغة الجزيئية **فى التفرقة بين** الألكانات الحلقية **و** الألكينات الأليفاتية المقابلة لها، لأن لهما نفس الصيغة العامة C_nH_{2n}

مع مراعاة أن :

قيمة n فى الألكانات الحلقية لا تقل عن 3 فى حين لا تقل فى الألكينات الأليفاتية عن 2

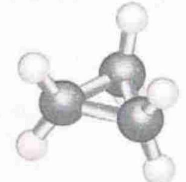
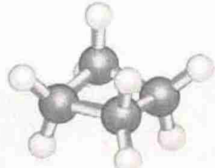
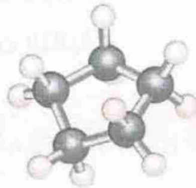
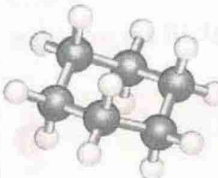
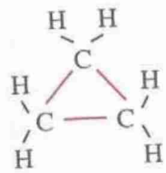
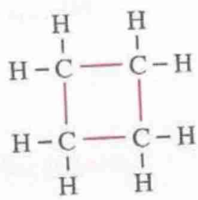
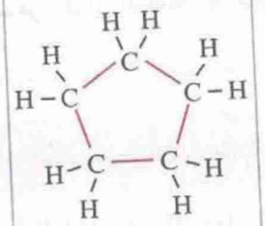
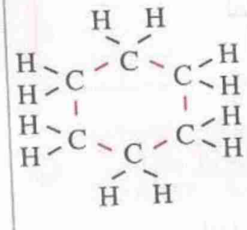
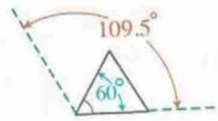
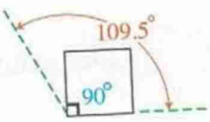
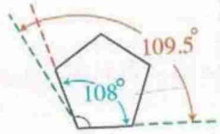
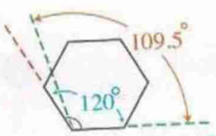
- **لا تختلف** تسمية الأيوباك للألكانات **الحلقية** عن مثيلاتها من الألكانات **ذات السلسلة المستقيمة،**

سوى فى إضافة :

البادئة	أو	الخاتمة
سيكلو		حلقى

إلى **اسم الألكان**

وفيما يلى عرض للأفراد الأربعة الأولى من سلسلة الألكانات الحلقية :

المركب الحلقى	بروبان حلقى (سيكلوبروبان)	بيوتان حلقى (سيكلوبيوتان)	بنتان حلقى (سيكلوبنتان)	هكسان حلقى (سيكلوهكسان)
النموذج الجزيئى				
الصيغة الجزيئية	C_3H_6	C_4H_8	C_5H_{10}	C_6H_{12}
الصيغة البنائية				
مقدار الزاوية بين روابط الكربون وبعضها (الزاوية الداخلية)	 60°	 90°	 تقترب من 109.5°	
	مقدار الزاوية بين روابط الكربون فى الألكانات غير الحلقية 109.5°			
الثبات النسبى	بروبان حلقى <	بيوتان حلقى <	بنتان حلقى <	هكسان حلقى
النشاط الكيميائى	«نشط جدًا»	«نشط»	«مستقر»	«أكثر استقرارًا»

تختلف الخواص الكيميائية للألكانات الحلقية تبعًا لمقدار **الزاوية الداخلية بين روابط الكربون وبعضها**.

الخواص الكيميائية للألكانات الحلقية

تعتمد الخواص الكيميائية للألكانات الحلقية – إلى حد كبير – على مقدار الزاوية الداخلية فكلما قل مقدار الزاوية بين روابط الكربون، كلما كان التداخل بين الأوربيتالات الذرية والارتباط بين ذرات الكربون ضعيفًا فيزداد النشاط الكيميائي، والعكس صحيح، كما يتضح من التطبيقات التالية :

١ البروبان الحلقى والبيوتان الحلقى يتميزان بالنشاط الكيميائى

لصغر مقدار الزاوية الداخلية فى كل منهما
(فى البروبان الحلقى 60°، وفى البيوتان الحلقى 90°)

٢ البروبان الحلقى يكون مع الهواء خليط شديد الاحتراق

لصغر مقدار الزاوية الداخلية فيه 60°

وهو ما يؤدى إلى ضعف التداخل بين الأوربيتالات وبالتالى ضعف الروابط بين ذرات الكربون مما يسهل كسرها

٣ البروبان الحلقى نشط للغاية مقارنةً بالبروبان العادى

لأن مقدار الزاوية الداخلية فى البروبان الحلقى يساوى 60°، بينما مقدار الزاوية بين روابط الكربون فى البروبان العادى يساوى 109.5°

٤ البروبان الحلقى أقل ثباتًا نسبيًا من الهكسان الحلقى

لأن مقدار الزاوية الداخلية فى البروبان الحلقى 60° أقل مما فى الهكسان الحلقى 120°

وكلما قلت الزاوية بين روابط الكربون كلما كان التداخل بين الأوربيتالات الذرية (الارتباط بين ذرات الكربون) ضعيفًا مما يسهل كسرها

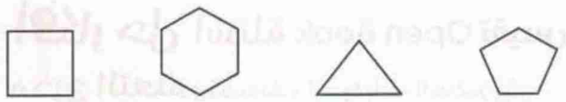
٥ الهكسان الحلقى والبنتان الحلقى يتميزان بثبات واستقرار يقارب استقرار الهكسان والبنتان مستقيمى السلسلة

لأن مقدار الزاوية الداخلية فى كل منهما يقترب من 109.5°

وبالتالى يكون التداخل بين الأوربيتالات الذرية قويًا مكونًا روابط سيجما (σ) القوية صعبة الكسر

أداء ذاتي

رتب المركبات المقابلة تنازليًا حسب ثباتها النسبى (درجة استقرارها)، مع التفسير.



(١) (٢) (٣) (٤)

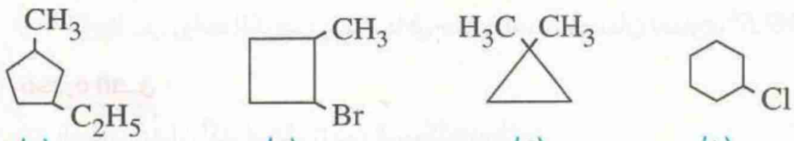
....

....

....

مثال

اذكر تسمية الأيوباك للألكانات الحلقية المقابلة :



(١) (٢) (٣) (٤)

الحل

(١) : كلوروهكسان حلقى. (٢) : 1،1– ثنائى ميثيل بروبان حلقى.

(٣) : 1– برومو –2– ميثيل بيوتان حلقى. (٤) : 1– إيثيل –3– ميثيل بنتان حلقى.

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: رسم متشكلات مختلفة للصيغة الجزيئية الواحدة.

١ الصيغة الجزيئية C_6H_{12} تعبر عن كل مما يلى، عدا ....

ⓐ الهكسين. ⓑ الهكسان. ⓙ الهكسان الحلقى. ⓓ 2– ميثيل –1– بنتين.

فكرة الحل :

∵ الصيغة العامة لهذه الصيغة الجزيئية : C_nH_{2n}

∴ هذه الصيغة الجزيئية تعبر عن ألكين أو ألكان حلقى (وليس عن ألكانات).

وعليه يتم استبعاد الاختيارات ⓐ ، ⓙ ، ⓓ

الحل : الاختيار الصحيح : ⓑ

٢ كل المركبات الآتية حلقية، عدا ....

ⓐ C_5H_{12} ⓑ C_4H_8 ⓙ C_6H_6 ⓓ C_6H_{12}

فكرة الحل :

∵ الصيغتين C_4H_8 ، C_6H_{12} يمكن أن تعبرا عن مركبين من المركبات الحلقية المشبعة.

∴ يستبعد الاختيارين ⓑ ، ⓓ

∵ الصيغة C_6H_6 تعبر عن مركب أروماتى (البنزين العطرى).

∴ يستبعد الاختيار ⓙ

الحل : الاختيار الصحيح : ⓐ

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: تصنيف المركبات العضوية.

أى مما يأتى يُعبر عن الألكانات الحلقية ؟

(أ) كسر الروابط فى السيكلوبنتان أسهل من كسرها فى السيكلوبروبان.

(ب) الصيغة الجزيئية للسيكلوبنتان هى نفس الصيغة الجزيئية للبنتين.

(جـ) درجة غليان السيكلوبنتان أعلى من درجة غليان البنتان العادى.

(د) الزاوية بين روابط الكربون وبعضها فى جزىء السيكلوبنتان تساوى 109.5°

فكرة الحل :

∵ السيكلوبنتان أكثر استقرارًا من السيكلوبروبان.

∴ يستبعد الاختيار (أ)

∵ الصيغة العامة C_nH_{2n} تعبر عن سلسلتى الألكينات الأليفاتية والألكانات الحلقية.

∴ الصيغة الجزيئية للسيكلوبنتان هى نفس الصيغة الجزيئية للبنتين.

الحل : الاختيار الصحيح : (ب)

ثانيًا الهيدروكربونات الحلقية غير المشبعة

الهيدروكربونات الحلقية غير المشبعة لها عدة صور، سوف ندرس منها **المركبات الأروماتية** والتى أدرك العلماء منذ القرن التاسع عشر أنها تختلف عن المركبات الأليفاتية، **وفيما يلى مقارنة بسيطة بينهما :**

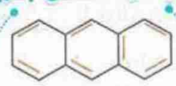
للإيضاح فقط



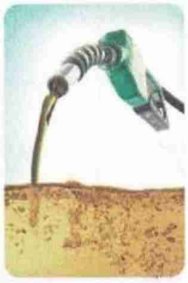
هيدروكربونات حلقية غير مشبعة

المركبات الأليفاتية	المركبات الأروماتية
تُشتق من **الأحماض الدهنية**، لذا سميت بالمركبات الأليفاتية (الدهنية).	تُشتق من **بعض الراتنجات وبعض المنتجات الطبيعية ولها روائح عطرية مميزة**، لذا سُميت بالمركبات الأروماتية (العطرية).
تتميز مركباتها باحتوائها على نسبة من الهيدروچين **أكبر مما** فى المركبات الأروماتية.	تتميز مركباتها باحتوائها على نسبة من الهيدروچين **أقل مما** فى المركبات الأليفاتية.
الميثان هو الفرد الأول فى سلسلة المركبات الأليفاتية.	**البنزين العطرى** هو الفرد الأول فى سلسلة المركبات الأروماتية.

◂ **تتواجد المركبات الأروماتية على هيئة :**

حلقة بنزين واحدة	حلقتى بنزين	أكثر من حلقتى بنزين
		
بنزين	نفثالين	أنثراسين
C_6H_6	$C_{10}H_8$	$C_{14}H_{10}$

◂ **يُطلق العامة على** الجازولين (وقود السيارات) اسم بنزين وهو يختلف تمامًا عن البنزين العطرى.



الجازولين



البنزين العطرى

ملحوظة

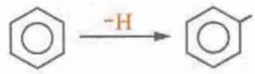
يُعبر عن الصيغة البنائية للبنزين العطرى بإحدى الصيغتين التاليتين :



مجموعة (شق) الأريل (–Ar)

هى الشق الناتج عن نزع ذرة هيدروچين من المركب الأروماتى، ويرمز له بالرمز (–Ar).

تطبيق شق الفينيل Phenyl (–Ph).



C_6H_6 بنزين عطرى ← C_6H_5- شق الفينيل

تذكر أن

مجموعة **الفينيل** Phenyl (C_6H_5-)

تختلف عن

مجموعة **الڤاينيل** Vinyl $\left(\begin{matrix} H \\ H \end{matrix} C=C \begin{matrix} H \\ \, \end{matrix}\right)$

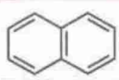
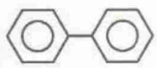
للاطلاع فقط

* أُشتقت كلمة فينيل Phenyl من اللفظ Phene المستخدم للتعبير عن البنزين فى الماضى.
* شق البنزيل (Benzyl) ينتج عن نزع ذرة هيدروچين من مجموعة ميثيل مركب الطولوين.

$C_6H_5CH_3 \xrightarrow{-H} C_6H_5CH_2-$

طولوين ← م. بنزيل

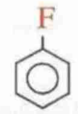
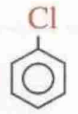
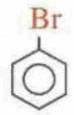
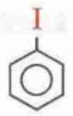
قارن بين النفثالين و ثنائى الفينيل «من حيث : الصيغة البنائية – الصيغة الجزيئية».

وجه المقارنة	النفثالين	ثنائى الفينيل
الصيغة البنائية		
الصيغة الجزيئية	$C_{10}H_8$	$C_{12}H_{10}$

تسمية مشتقات البنزين أحادية الاستبدال

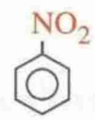
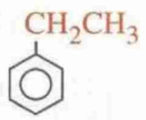
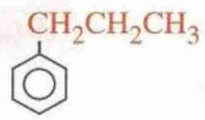
- تسمى مشتقات البنزين **الهالوجينية أحادية الاستبدال** حسب :
  - **نظام الأيوباك** على وزن **هالوبنزين**.
  - **التسمية الشائعة** على وزن **هاليد الفينيل**.

تطبيـق

المركب				
تسمية الأيوباك (هالوبنزين)	فلوروبنزين	كلوروبنزين	برومومبنزين	يودوبنزين
التسمية الشائعة (هاليدالفينيل)	فلوريدالفينيل	كلوريد الفينيل	بروميد الفينيل	يوديد الفينيل

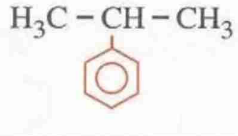
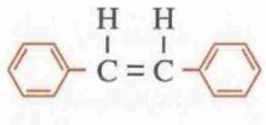
- وإذا تم الاستبدال **ببعض المجموعات الذرية**، فإنه يذكر اسم المجموعة الذرية المستبدلة متبوعة بكلمة بنزين.

تطبيـق

المركب			
تسمية الأيوباك	نيتروبنزين	إيثيل بنزين	بروبيل بنزين

- **إذا كانت حلقة البنزين متصلة بمجموعة ليس لها اسم بسيط**، فإنه يتم التعامل مع حلقة البنزين باعتبارها **المجموعة المستبدلة** (التفرع) فتأخذ اسم **فينيل**.

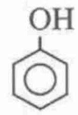
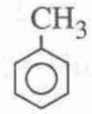
تطبيـق

المركب		
تسمية الأيوباك	2- فينيل بروبان	2،1- ثنائي فينيل إيثين

◄ **إذا تم استبدال إحدى ذرات هيدروچين حلقة البنزين ببعض المجموعات الفعالة،** فإن اسم المركب الناتج يُنسب إلى البنزين تبعًا لتسمية الأيوباك أو يكون له **اسمًا جديدًا** شائعًا.

◄ **بعض** الأسماء الشائعة مُعترف بها **كتسمية أيوباك.**

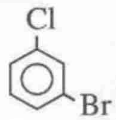
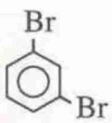
تطبيـق

المجموعة الفعالة (المستبدلة)	مجموعة الهيدروكسيل $(-OH)$	مجموعة الميثيل (CH_3-)	مجموعة الكربوكسيل $(-COOH)$
المركب			
تسمية الأيوباك	• هيدروكسى بنزين. • فينول.	• ميثيل بنزين. • طولوين.	• حمض كربوكسى بنزين. • حمض بنزويك.
تسميات أخرى	حمض الكربوليك	فينيل ميثان	حمض فينيل كربوكسيلك

تسمية مشتقات البنزين ثنائية الاستبدال حسب نظام الأيوباك

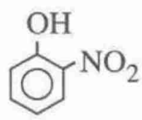
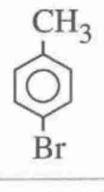
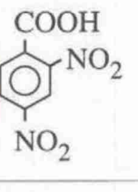
◄ **عنـد اسـتبدال ذرتـى هيدروچيـن فى الحلقة بـذرتيـن أو مجموعتيـن متشـابهتيـن أو مختلفتيـن،** تتم التسمية بنفس طريقة تسمية الهيدروكربونات الأليفاتية والتى يتم فيها **مراعاة** ترقيم المستبدلات بالشكل الذى يعطى أقل مجموع ممكن لأرقام التفرعات وكذلك الترتيب الأبجدى لها.

تطبيـق

المركب		
تسمية الأيوباك	1– كلورو –3– بروموبنزين ✘ 1– برومو –3– كلوروبنزين ✔	5،1– ثنائى بروموبنزين ✘ 3،1– ثنائى بروموبنزين ✔

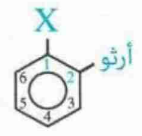
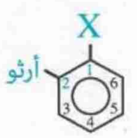
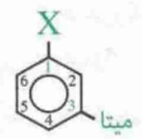
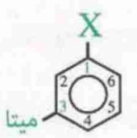
◄ **فى حالة استبدال ذرة هيدروچين فى مركبات الفينول ، الطولوين ، حمض البنزويك ترقم المجموعة الأساسية** فى هذه المركبات بالرقم **1** وترقم المجموعات الأخرى حسب موقعها بالنسبة للمجموعة الأساسية.

تطبيـق

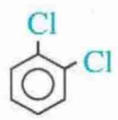
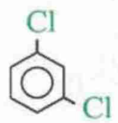
المركب			
تسمية الأيوباك	• 1– هيدروكسى –2– نيتروبنزين. • 2– نيتروفينول.	• 1– برومو –4– ميثيل بنزين. • 4– بروموطولوين.	• 1– كربوكسى –2،4– ثنائى نيتروبنزين. • 4،2– ثنائى نيترو حمض البنزويك.

تسمية مشتقات البنزين ثنائية الاستبدال حسب الطريقة الشائعة

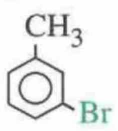
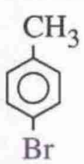
- وجود ذرتين أو مجموعتين بديلتين على حلقة البنزين، يتبعه احتمال وجود **ثلاث أيزومرات موضعية**، يمكن تمييزها باستخدام **المقاطع الموضحة** بالجدول التالى :

المقطع	ترقيم موضعى الإحلال	الرمز	موضعى الإحلال على حلقة البنزين
أرثو Ortho	2،1 «ذرتى كربون متجاورتين»	O–	 
ميتا Meta	3،1	M–	 
بـــارا Para	4،1 «ذرتى كربون متقابلتين»	P–	

تطبيق ١ أيزومرات ثنائى كلوروبنزين.

الأيزومر			
تسمية الأيوباك	2،1– ثنائى كلوروبنزين	3،1– ثنائى كلوروبنزين	4،1– ثنائى كلوروبنزين
التسمية الشائعة	أرثو – ثنائى كلوروبنزين	ميتا – ثنائى كلوروبنزين	بارا – ثنائى كلوروبنزين

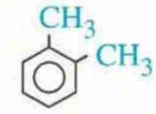
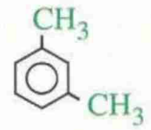
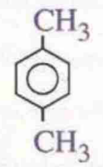
تطبيق ٢ أيزومرات بروموطولوين.

الأيزومر			
تسمية الأيوباك	• 1– برومو –2– ميثيل بنزين. • 2– بروموطولوين.	• 1– برومو –3– ميثيل بنزين. • 3– بروموطولوين.	• 1– برومو –4– ميثيل بنزين. • 4– بروموطولوين.
التسمية الشائعة	أرثو – بروموطولوين	ميتا – بروموطولوين	بارا – بروموطولوين

للاطلاع فقط

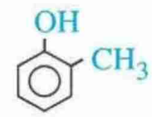
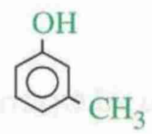
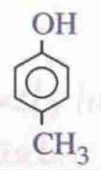
- **عند اســتبدال ذرتى هيدروچين فى حلقة بنزين بمجموعتى ميثيل** لا يُنسب اسـم المركب – حسب نظام الأيوباك – إلى الطولوين، بل يصبح له اسـم جديد هو **زيلين Xylene**

تطبيـق ① أيزومرات الزيلين.

الأيـزومـر			
تسمية الأيوباك	• 1، 2– ثنائى ميثيل بنزين. • 1، 2– زيلين.	• 1، 3– ثنائى ميثيل بنزين. • 1، 3– زيلين.	• 1، 4– ثنائى ميثيل بنزين. • 1، 4– زيلين.
التسمية الشائعة	أرثو – زيلين	ميتا – زيلين	بارا – زيلين

- **عنـد اسـتبدال ذرتى هيدروچيـن فى حلقة بنزين بمجموعة هيدروكسيل و مجموعة ميثيل** يُنسـب اسـم المركب – حسب نظام الأيوباك – إلى الفينول وليس إلى الطولوين، ويصبح له اسم جديد هو **كريزول Cresol**

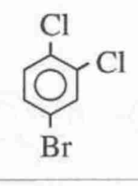
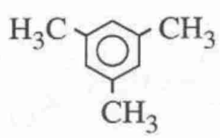
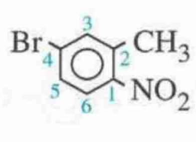
تطبيـق ② أيزومرات الكريزول.

الأيـزومـر			
تسمية الأيوباك	• 2– ميثيل فينول. • 1،2– كريزول.	• 3– ميثيل فينول. • 1،3– كريزول.	• 4– ميثيل فينول. • 1،4– كريزول.
التسمية الشائعة	أرثو – كريزول	ميتا – كريزول	بارا – كريزول

تسمية مشتقات البنزين عديدة الاستبدال حسب نظام الأيوباك

- **ترقم** ذرات كربون الحلقة التى تم فيها الاستبدال مرورًا **بالاتجاه الذى يؤدى إلى أقل مجموع ممكن لأرقام التفرعات.**
- **ترتب المجموعات أبجديًا حسب أسمائها اللاتينية** (الإنجليزية مجازًا) بغض النظر عن ترقيم مواقعها.

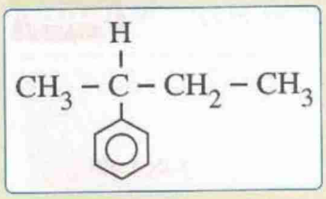
تطبيـق

المركب			
تسمية الأيوباك	4– برومو –1،2– ثنائى كلوروبنزين	1، 3، 5– ثلاثى ميثيل بنزين	4– برومو –2– ميثيل –1– نيتروبنزين

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: تسمية المركبات العضوية بنظام الأيوباك.

ما تسمية الأيوباك للمركب المقابل ؟



Ⓐ 2– سيكلوهكسيل بيوتان.

Ⓑ 2– فينيل بيوتان.

Ⓒ 3– سيكلوهكسيل بيوتان.

Ⓓ 3– فينيل بيوتان.

فكرة الحل :

∵ أطول سلسلة كربونية متصلة تحتوى على 4 ذرات كربون.

∴ خاتمة اسم المركب : بيوتان.

∵ مجموعة الفينيل تتفرع من ذرة الكربون رقم 2

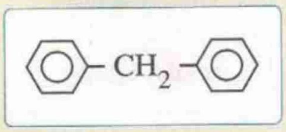
∴ تسمية الأيوباك للمركب : 2– فينيل بيوتان.

الحل : الاختيار الصحيح : Ⓑ

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: رسم متشكلات مختلفة للصيغة الجزيئية الواحدة.

الصيغة البنائية المقابلة : لمركب ثنائى فينيل ميثان.

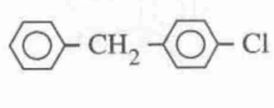
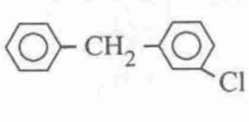
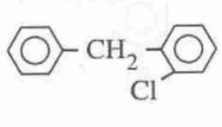
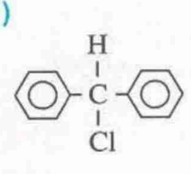


ما عدد الأيزومرات المحتملة عند استبدال ذرة هيدروجين واحدة من جزىء هذا المركب بذرة كلور؟

Ⓐ 8 Ⓑ 7 Ⓒ 6 Ⓓ 4

فكرة الحل :

الأيزومرات المحتملة لهذا المركب، هى :

(4)	(3)	(2)	(1)
			

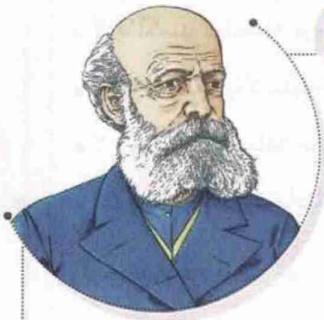
الحل : الاختيار الصحيح : Ⓓ

البــاب 5

الدرس السابع

البــنــزيــن الـعــطـــرى

الصيغة البنائية للبنزين العطرى



Kekule

- استغرق التعرف على **الصيغة البنائية للبنزين** كثيرًا من الجدل بين علماء الكيمياء لسنوات عديدة.

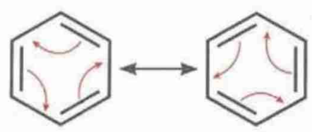
لأن البنزين :

- يتفاعل بالإحلال وأيضًا بالإضافة (وإن كان يتم بصعوبة).
- طول الرابطة بين ذرات الكربون فيه وسط بين طول الرابطة الأحادية وطول الرابطة المزدوجة ... وغيرهما من الخواص المحيرة.

للإيضاح فقط

- طول الرابطة (C ⎓ C) تساوى **140 pm** فى البنزين العطرى.
- طول الرابطة (C = C) تساوى **132 pm**
- طول الرابطة (C − C) تساوى **154 pm**

- اقترح العالم الألمانى **كيكولى** فى عام 1865 تمثيل البنزين بإحدى **الصيغتين التاليتين :**

صيغة كيكولى	الصيغة المختزلة
	
تتبادل الروابط الأحادية والمزدوجة فى جزىء البنزين (ظاهرة الرنين)	الشكل السداسى لحلقة البنزين

ويتضح من صيغتى كيكولى للبنزين أن :

1. جزىء البنزين عبارة عن **حلقة** مكونة من **6** ذرات كربون.
2. ترتبط ذرات الكربون الستة ببعضها عن طريق **3 روابط أحادية** بالتبادل مع **3 روابط مزدوجة**.
3. الروابط الستة بين ذرات الكربون **متماثلة الطول**.
4. ترتبط كل ذرة كربون بذرة هيدروجين.
5. تدل الحلقة داخل الشكل السداسى على عدم تمركز الإلكترونات الستة عند ذرات كربون معينة.

للإيضاح فقط

خواص البنزين غير العادية مقارنةً بالألكينات :

- لا يتأكسد بواسطة برمنجنات البوتاسيوم.
- يتفاعل غالبًا بالاستبدال وبصعوبة بالإضافة.
- لا يتفاعل بالإضافة مع ماء البروم أو هاليدات الهيدروچين.
- أكثر ثباتًا (أقل نشاطًا) من الألكينات.

وترجع هذه الخواص إلى ثبات حلقة البنزين الأروماتية وفى حال تفاعله يتكون مركبات أقل ثباتًا من البنزين وهو ما يجعل التفاعل غير قابل للحدوث (صعب الحدوث).

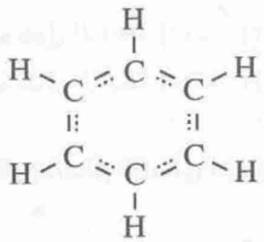
للاطلاع فقط

قصة اكتشاف كيكولى لصيغة البنزين

كان كيكولى مشغول الذهن بمشكلة تحديد شكل جزىء البنزين وفى إحدى غفواته شاهد حلمًا يظهر فيه ثعبانًا يمسك ذيله بفمه وهو يتراقص، وهو ما أوحى إليه بالشكل الحلقى لجزىء البنزين.



ثعبان كيكولى



«اجتهد بصدق وسوف يتحقق حلمك»

تحضير البنزين

تختلف طرق تحضير البنزين فى الصناعة عنها فى المعمل،

كما يتضح من المخطط التالى :

تحضير البنزين

- فى **الصناعة** من:
  1. قطران الفحم
  2. المشتقات البترولية الأليفاتية
  3. الفينول
- فى **المعمل** من:
  - بنزوات الصوديوم

١ تحضير البنزين فى الصناعة من قطران الفحم

- يُعرف تسخين الفحم الحجرى بمعزل عن الهواء لتحليله إلى غازات وسوائل وفحم كوك **بالتقطير الإتلافى للفحم الحجرى.**

والمخطط التالى يوضح نواتج التقطير الإتلافى للفحم الحجرى.



- **عند إجراء عملية تقطير تجزيئى لقطران الفحم عند :**

درجة حرارة (80° : 82°C) نحصل على البنزين، وعند درجات حرارة أخرى نحصل على مركبات عضوية أخرى لها أهمية اقتصادية كبرى، مثل : الفينول.



للإيضاح فقط

- **التقطير التجزيئى :** عملية فصل عدة سوائل ممتزجة معًا اعتمادًا على اختلاف درجة غليانها.

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: استنتاج أن الكيمياء علم تجريبى.

أى مما يلى يُعد من التفاعلات التى يمكن إجرائها فى المعمل ؟

(أ) تخليق الكربوهيدرات بعملية البناء الضوئى.
(ب) تحويل المواد النباتية إلى أنسجة حيوانية.
(ج) تحويل المواد العضوية إلى بترول.
(د) إنتاج البنزين من قطران الفحم.

فكرة الحل :

∵ عملية البناء الضوئى يلزم لحدوثها توافر البلاستيدات الخضراء الموجودة فى أوراق النباتات
∴ يستبعد الاختيار (أ)

∵ تحويل المواد النباتية إلى أنسجة حيوانية لا تتم إلا داخل أجسام الكائنات الحية الحيوانية.
∴ يستبعد الاختيار (ب)

∵ تحويل المواد العضوية إلى بترول يتم فى درجات حرارة مرتفعة جدًا وتحت ضغط عال جدًا ويستغرق ملايين السنين.
∴ يستبعد الاختيار (ج)

الحل : الاختيار الصحيح : (د)

٢ تحضير البنزين فى الصناعة من المشتقات البترولية الأليفاتية

- يزداد الطلب على البنزين العطرى بتقدم الصناعات الكيميائية، **لأنه** يستخدم كمادة أولية فى العديد من الصناعات الكيميائية.

يمكن الحصول على البنزين العطرى من المركبات الأليفاتية باحدى طريقتين، هما :

(أ) إعادة التشكيل المحفز للهكسان العادى

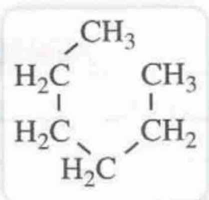
(ب) البلمرة الثلاثية للإيثاين

(أ) تحضير البنزين من الهكسان العادى بطريقة إعادة التشكيل المحفز

- تستخدم **طريقة إعادة التشكيل المحفز** فى تحويل المشتقات البترولية الأليفاتية التى تحتوى على سلاسل كربونية مستقيمة من **6 : 8 ذرات كربون** إلى مركبات تحتوى على **حلقة بنزين**، **كما يتضح من التطبيقين التاليين :**

تطبيق (١) تحويل الهكسان العادى إلى بنزين عطرى.

- عند إمرار الهكسان العادى على بلاتين – كعامل حفاز – فى درجة حرارة مرتفعة، يتكون البنزين العطرى.

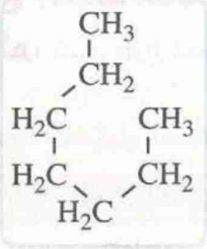


الهكسان العادى

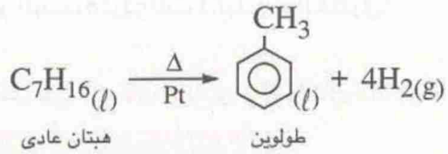
$$CH_3-(CH_2)_4-CH_{3(l)} \xrightarrow[Pt]{\Delta}$$  $$_{(v)} + 4H_{2(g)}$$

هكسان عادى — بنزين

تطبيق ٢ تحويل الهبتان العادى إلى طولوين.

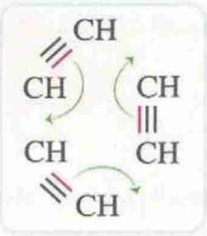


الهبتان العادى

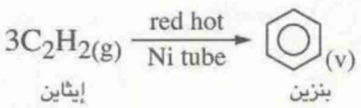


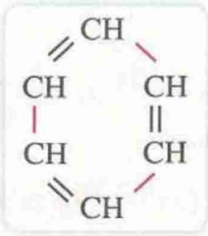
ب تحضير البنزين من الإيثاين بطريقة البلمرة الثلاثية

◂ عند إمرار **غاز الإيثاين** (الأسيتيلين) فى أنبوبة **من النيكل مسخنة** لدرجة الاحمرار، **تحدث عملية بلمرة** لكل 3 جزيئات **مكونة** جزىء واحد من **البنزين**.



الإيثاين



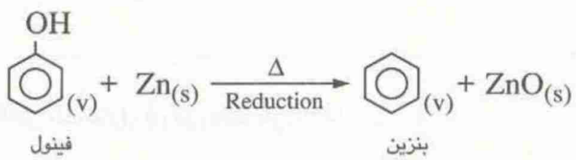


البنزين

وضح بالمعادلات الرمزية كيفية الحصول على أبسط مركب أروماتى من أبسط مركب أليفاتى.

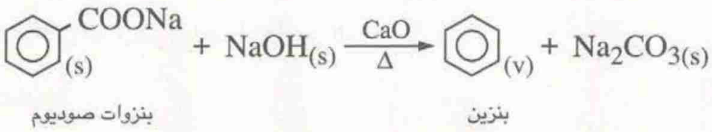
٣ تحضير البنزين فى الصناعة من الفينول

◂ عند إمرار **بخار الفينول** على **مسحوق الزنك الساخن**، **يُختزل** الفينول **إلى** بنزين عطرى.



تحضير البنزين فى المعمل

◂ يُحضـر البنزيـن نقيًا فى المعمل **من التقطير الجاف** لملح **بنزوات الصوديوم** مع **الجير الصودى**.



أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

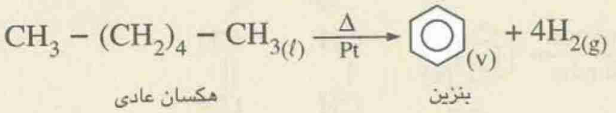
مخرج التعلم: شرح طرق تحضير الهيدروكربونات (البنزين العطرى).

① **ما ناتجى إعادة التشكيل المحفز لكل من الهبتان العادى و الأوكتان العادى ؟**

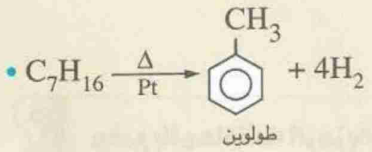
الاختيارات	الهبتان العادى	الأوكتان العادى
Ⓐ	طولوين	إيثيل بنزين
Ⓑ	إيثيل بنزين	طولوين
Ⓒ	طولوين	بنزين
Ⓓ	بنزين	إيثيل بنزين

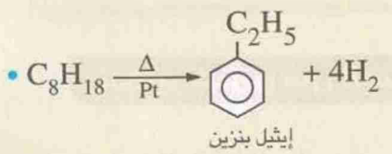
فكرة الحل :

بنفس كيفية طريقة إعادة التشكيل المحفز للهكسان العادى :



فإنه يمكن إعادة التشكيل المحفز للهبتان العادى (C_7H_{16}) والأوكتان العادى (C_8H_{18}) بنزع 4 mol من H_2 من جزىء كل منهما، كالتالى :





الحل : الاختيار الصحيح : Ⓐ

---

② **يقوم الخارصين بدور العامل المختزل فى كل مما يأتى، عدا ....**

Ⓐ عملية الجلفنة.
Ⓑ خلية الزئبق.
Ⓒ الحماية الأنودية.
Ⓓ تحضير البنزين من حمض الكربوليك.

فكرة الحل :

يظهر دور العامل المختزل فى التفاعلات الكيميائية و الكهروكيميائية، بينما عملية الجلفنة يتم فيها تغطية أسطح الفلزات بطبقة من الخارصين لحمايتها من الصدأ.

الحل : الاختيار الصحيح : Ⓐ

٣ يمكن الحصول على البنزين بشكل مباشر من كل مما يأتى، عدا ....

(أ) بنزوات الصوديوم. (ب) الهكسان العادى. (ج) الفينول. (د) كربيد الكالسيوم.

◄ فكرة الحل :

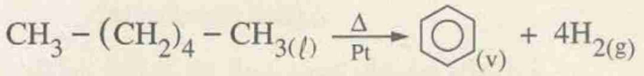
∵ البنزين يُحضر من التقطير الجاف لملح بنزوات الصوديوم فى وجود الجير الصودى.

$$C_6H_5COONa_{(s)} + NaOH_{(s)} \xrightarrow[\Delta]{CaO} C_6H_{6(v)} + Na_2CO_{3(s)}$$

بنزوات الصوديوم — بنزين

∴ يستبعد الاختيار (أ)

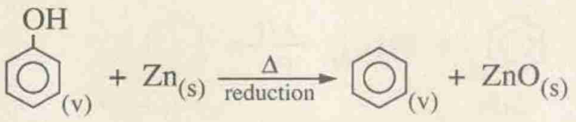
∵ البنزين يُحضر من الهكسان العادى بطريقة إعادة التشكيل المحفز.



هكسان عادى — بنزين

∴ يستبعد الاختيار (ب)

∵ البنزين يُحضر من إمرار بخار الفينول على مسحوق الزنك الساخن.



فينول — بنزين

∴ يستبعد الاختيار (ج)

◄ الحل : الاختيار الصحيح : (د)

الخواص الفيزيائية للبنزين

- سائل **شفاف** (عديم اللون) ذو **رائحة عطرية** مميزة.
- درجة غليانه **80°C**
- لا يمتزج **بالماء** (شحيح الذوبان فى الماء) ولكنه يمتزج مع **معظم المذيبات العضوية**.

الخواص الكيميائية للبنزين

- **يشتعل البنزين عند حرقه فى الهواء مكونًا دخان أسود**، لاحتوائه على نسبة كبيرة من الكربون.

تفاعلات البنزين

١ تفاعلات الإضافة «تحت ظروف خاصة»

٢ تفاعلات الإحلال

١ تفاعلات البنزين بالإضافة

- بالرغم من **احتواء البنزين** على روابط **مزدوجة** إلا أن **تفاعلاته بالإضافة** تكون **صعبة** ولا تحدث إلا تحت ظروف خاصة (مقارنةً بالألكينات التى تحتوى على روابط مزدوجة)، **لعدم** تمركز الإلكترونات الستة لحلقة البنزين عند ذرات كربون معينة.

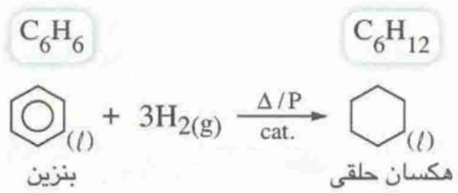
من تفاعلات البنزين بالإضافة

أ تفاعل الهدرجة

ب تفاعل الهلجنة

أ تفاعل هدرجة البنزين

- يتفاعل البنزين **مع** الهيدروچين بالضغط والحرارة **فى وجود** عامل حفاز **لينتج الهكسان الحلقى.**

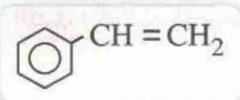


للإيضاح فقط

تتم تفاعلات هدرجة البنزين العطرى فى وجود النيكل كعامل حفاز فى درجة حرارة تتراوح ما بين (100° : 200°C) ويكون ضغط غاز الهيدروچين المستخدم حوالى 100 atm

مثال

ما عدد مولات الهيدروچين اللازم إضافتها لتحويل 1 mol من هذا المركب إلى مركب مشبع ؟



الحل

∵ 1 mol من هذا المركب يحتوى على 4 mol من الروابط باى (π).

∴ يلزم 4 mol من جزيئات الهيدروچين لتحويل 1 mol من هذا المركب غير المشبع إلى مركب مشبع.

أداء ذاتى

اكتب المعادلات المعبرة عن تحويل :

(١) مركب أليفاتى غير مشبع إلى مركب أروماتى.

....

....

(٢) هكسان عادى إلى هكسان حلقى.

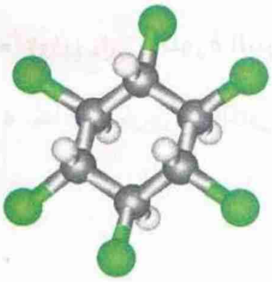
....

....

ب تفاعل هلجنة البنزين بالإضافة

- يتفاعل البنزين **مع** غاز الكلور **أو** أبخرة البروم **بالإضافة** فى **ضوء الشمس** (UV) - بتأثير الأشعة فوق البنفسجية المصاحبة للشمس - **مكونًا سداسى هالوهكسان حلقى.**

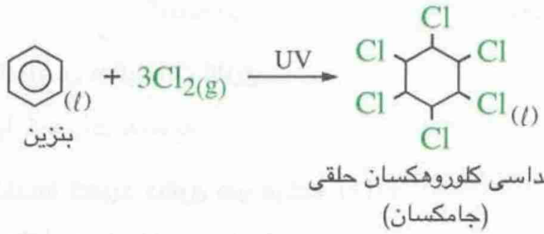
تطبيق كلورة البنزين العطرى.



جزىء جامكسان

- يتفاعل البنزين مع الكلور فى ضوء الشمس (UV) مكونًا سداسى كلوروهكسان حلقى والذى يُعرف **بالجامكسان** والذى يستخدم **كمبيد حشرى.**

$C_6H_6Cl_6$



أداء ذاتى

وضح بالمعادلات الرمزية كيفية الحصول على الجامكسان من كربيد الكالسيوم.

....

....

....

....

....

....

٢ تفاعلات البنزين بالإحلال (الاستبدال)

- **تعتبر تفاعلات البنزين بالإحلال :**
  - **من التفاعلات الهامة**، لأنها تمكننا من الحصول على مركبات لها أهمية اقتصادية كبيرة.
  - **أكثر شيوعًا من تفاعلات الإضافة**، حيث يتم فيها استبدال ذرة هيدروجين أو أكثر بذرات أو مجموعات أخرى حسب ظروف إجراء التفاعل ونوع العامل الحفاز المستخدم.

من تفاعلات البنزين بالإحلال

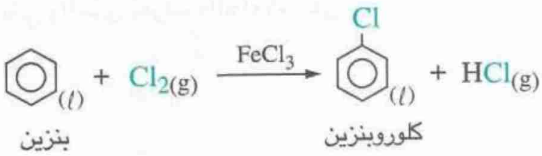
أ	ب	ج	د
تفاعلات الهلجنة	تفاعلات الألكلة	تفاعلات النيترة	تفاعلات السلفنة

أ تفاعلات هلجنة البنزين بالاستبدال

- **هلجنة البنزين** هى عملية استبدال ذرة أو أكثر من ذرات هيدروچين حلقة البنزين بذرة أو أكثر من ذرات الهالوچين فى وجود عامل حفاز مناسب.

تطبيق كلورة البنزين.

- يتفاعل البنزين مع الكلور فى وجود كلوريد الحديد (III) – كعامل حفاز – معطيًا مركب كلوروبنزين (كلوريد فينيل).



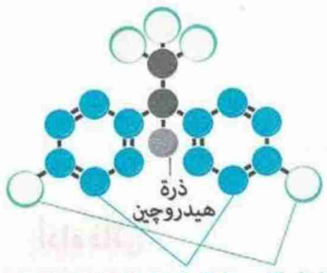
- **تُنتج تفاعلات هلجنة البنزين هاليدات الأريل بكميات كبيرة، لاستخدامها** كمبيدات حشرية.

- **أكثر هاليدات الأريل المستخدمة كمبيد حشرى هو مركب** DDT

Dichloro Diphenyl Trichloroethane

وترجمة اسم المركب :

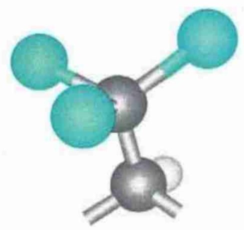
ثنائى كلورو ثنائى فينيل ثلاثى كلوروإيثان.



DDT

- **وترجع سُمية** مركب DDT **إلى** أن الجزء $\rangle CH-CCl_3$ من الجزىء، يذوب فى النسيج الدهنى للحشرة فيقتلها.

- **وقد وصف مركب** DDT بإنه **أقبح** مركب كيميائى، لمشاكله البيئية المترتبة على استخدامه.



الجزء $\rangle CH-CCl_3$ **من جزىء** DDT

أداء ذاتى

اذكر اسم المركب العضوى الناتج عن هلجنة البنزين بتفاعلات :

(١) الإضافة.

....

(٢) الاستبدال.

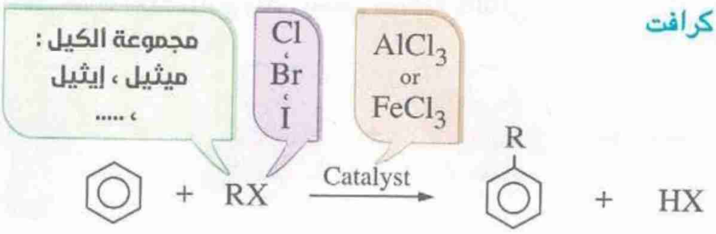
....

ب تفاعل ألكلة البنزين (تفاعل فريدل / كرافت)

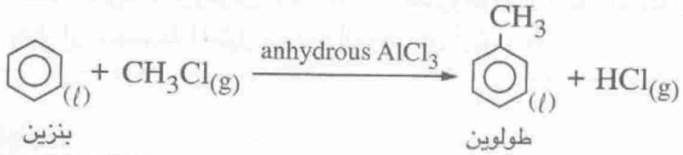
- يتفاعل **البنزين** مع **هاليدات الألكيل** (RX) من خلال تفاعل يُعرف **بتفاعل فريدل/كرافت (ألكلة البنزين)** وهو عبارة عن عملية استبدال ذرة هيدروچين فى حلقة بنزين بمجموعة ألكيل (–R) فى وجود عامل حفاز مثل كلوريد الألومنيوم اللامائى (anhydrous) $AlCl_3$ لتكوين ألكيل بنزين.

للإيضاح فقط

تفاعلات فريدل / كرافت



تطبيق تحضير الطولوين من البنزين بطريقة (فريدل / كرافت).



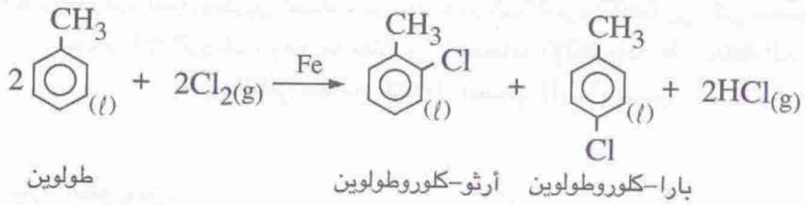
المجموعات الموجهة

إذا اتصلت حلقة البنزين بأحد المجموعات الموجهة التالية

• الألكيل (–R) • الهيدروكسيل (OH –) • الهالوچين (X –) • الأمينو (NH_2 –) فإن تفاعلات الإحلال تتم فى الموضعين أرثو، بارا .	• الكربونيل (– CO –) • الألدهيد (CHO –) • الكربوكسيل (COOH –) • النيترو (NO_2 –) فإن تفاعلات الإحلال تتم فى الموضع ميتا .

تطبيق ١ تفاعل كلورة الطولوين.

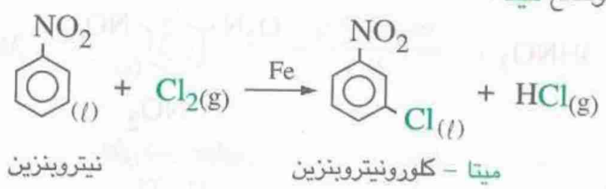
- مجموعة الميثيل موجهة للموضعين أرثو و بارا .



يتكون خليط من أرثو ، بارا – كلوروطولوين

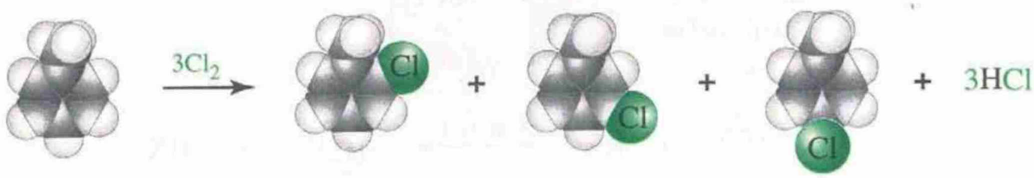
تطبيق ٢ تفاعل كلورة النيتروبنزين.

- مجموعة النيترو موجهة للموضع ميتا .



للإيضاح فقط

- **عند كلورة الطولوين تكون هناك ثلاثة نواتج ولكن بنسب مختلفة كالتالى :**



طولوين — أرثو – كلوروطولوين (39%) — ميتا – كلوروطولوين (1%) — بارا – كلوروطولوين (60%)

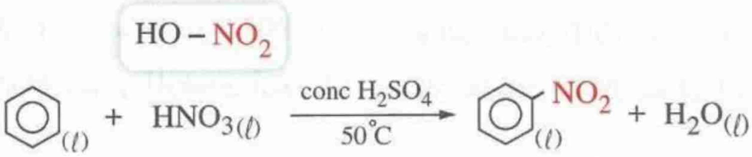
- **ويلاحظ من** مجموع النسبة المئوية للأيزومرين أرثو، بارا – كلوروطولوين أنهما يشكلان حوالى 99% من الناتج الكلى، لذا يقال إن مجموعة الميثيل موجهة للموضعين أرثو و بارا.

ج تفاعل نيترة البنزين

عملية النيترة هى عملية استبدال ذرة هيدروجين فى حلقة بنزين بمجموعة نيترو $(-NO_2)$ فى وجود عامل حفاز.

تطبيق ١ نيترة البنزين.

- عند تسخين البنزين مع خليط من حمض النيتريك وحمض الكبريتيك المركزين بنسبة 1 : 1 ، تحل **مجموعة نيترو** $(-NO_2)$ محل **ذرة هيدروجين** بحلقة البنزين، مكونة مركب **نيتروبنزين.**



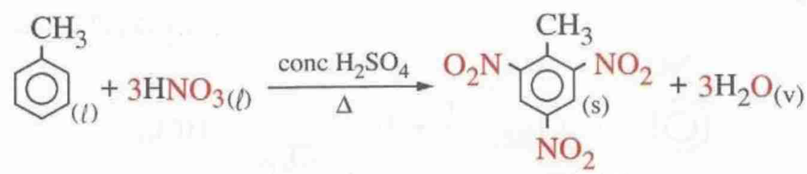
بنزين — نيتروبنزين

ملحوظة

عملية نيترة مركب النيتروبنزين أصعب من نيترة مركب البنزين العطرى، لأن مجموعة $(-NO_2)$ ساحبة للإلكترونات، وهو ما يقلل من السحابة الإلكترونية على حلقة البنزين وبالتالى يصبح التفاعل أصعب (أبطأ) نسبيًا

تطبيق ٢ نيترة الطولوين.

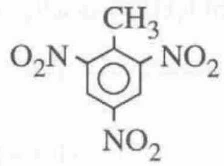
- عند تسخين الطولوين مع خليط من حمض النيتريك وحمض الكبريتيك المركزين بنسبة 1 : 1 ، تحل **ثلاثة مجموعات نيترو** $(-NO_2)$ محل **ثلاث ذرات هيدروجين** بحلقة البنزين، مكونة مركب **ثلاثى نيتروطولوين (TNT).**



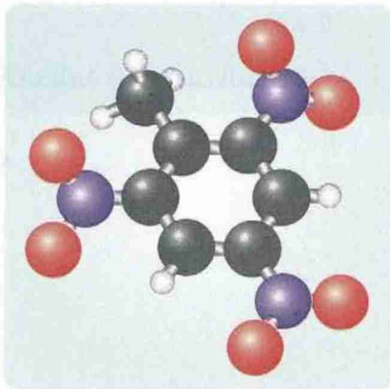
طولوين (ميثيل بنزين) — ثلاثى نيتروطولوين (TNT)

مركب ثلاثى نيتروطولوين

- **الصيغة البنائية :**



- **الصيغة الجزيئية :** $C_7H_5O_6N_3$
- **تسمية الأيوباك :** 2، 4، 6 – ثلاثى نيتروطولوين.
- وتعتبر مادة ثلاثى نيتروطولوين (TNT) من مركبات عديد النيترو العضوية شديدة الانفجار التى أنتج منها ملايين الأطنان خلال الحرب العالمية الثانية، ومازال إنتاجها مستمرًا.



جزىء ثلاثى نيتروطولوين



أنتجت ملايين الأطنان من مادة TNT خلال الحرب العالمية الثانية

فسر: مركبات عديد النيترو العضوية (مثل TNT) مواد شديدة الانفجار.

لأنها تحترق بسرعة منتجة كميات كبيرة من الغازات والحرارة، وذلك :

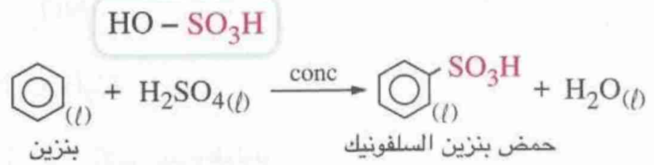
* لاحتواء جزيئاتها على وقودها الذاتى (الكربون) والمادة المؤكسدة (الأكسچين).
* لضعف الرابطة (N – O) فى مجموعة النيترو (المتفاعلات) مقارنةً بقوة الروابط المتكونة فى النواتج.
(C = O فى غاز CO_2 ، N ≡ N فى غاز N_2).

(أى أن كمية الطاقة المنطلقة من تكوين الروابط فى النواتج تكون كبيرة جدًا مقارنةً بكمية الطاقة الممتصة عند كسر الروابط فى المتفاعلات).

الرابطة	الطاقة kJ/mol
N – O	201
C = O	743
N ≡ N	941

د تفاعل سلفنة البنزين بالاستبدال

- **عملية السلفنة** هى عملية استبدال ذرة هيدروجين فى حلقة بنزين بمجموعة حمض السلفونيك (SO_3H-).
- تتم عملية سلفنة البنزين بتفاعل البنزين العطرى مع حمض الكبريتيك المركز لتكوين **حمض بنزين سلفونيك**.



- تعتمد صناعة **المنظفات الصناعية** أساسًا على مركبات حمض السلفونيك الأروماتية.

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: التعرف على أنواع التفاعلات العضوية المختلفة (تفاعلات البنزين).

١ أى مما يأتى يُميز المركب الناتج من هدرجة البنزين العطرى ؟

ⓐ نشط جدًا.

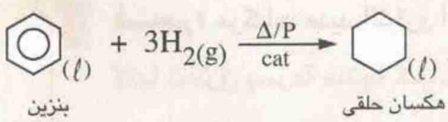
ⓑ الزوايا بين الروابط فيه تقترب من 180°

ⓒ صيغته الأولية CH_2

ⓓ غير قابل للاشتعال.

فكرة الحل :

هدرجة البنزين العطرى تُكون الهكسان الحلقى.



∵ الهكسان الحلقى من المركبات التى تتميز بثبات واستقرار يقارب استقرار الهكسان العادى.

∴ يستبعد الاختيار ⓐ

∵ مقدار الزاوية الداخلية بين كل رابطتين فى الهكسان الحلقى تقترب من 109.5°

∴ يستبعد الاختيار ⓑ

∵ الصيغة الجزيئية للهكسان الحلقى : C_6H_{12}

∴ صيغته الأولية : CH_2

الحل : الاختيار الصحيح : ⓒ

٢ أى مما يأتى يوضح تأثير إضافة ماء البروم إلى كل من الإيثين والبنزين العطرى ؟

الاختيارات	مع الإيثين	مع البنزين العطرى
أ	لا يحدث تفاعل	لا يحدث تفاعل
ب	يحدث تفاعل	يحدث تفاعل
ج	يحدث تفاعل	لا يحدث تفاعل
د	لا يحدث تفاعل	يحدث تفاعل

فكرة الحـل :

∵ ماء البروم يتفاعل مع الإيثين بالإضافة مما يتسبب فى زوال لونه.

$$\underset{\text{إيثين}}{H_2C=CH_{2(g)}} + Br_{2(l)} \xrightarrow{CCl_4} \underset{\text{1، 2- ثنائى برومو إيثان (عديم اللون)}}{BrCH_2-CH_2Br_{(l)}}$$

∴ يستبعد الاختيارين (أ) ، (د)

∵ الإلكترونات الستة فى حلقة البنزين العطرى لا تتمركز عند ذرات كربون معينة،

وبالتالى لا تتمركز الروابط المزدوجة داخل الحلقة وهو ما يؤدى إلى ثبات حلقة البنزين.

∴ لا يتفاعل البنزين مع ماء البروم بالإضافة.

الحـل : الاختيار الصحيح : (ج)

---

٣ أى المعادلات الآتية تعتبر تطبيقًا لتفاعل فريدل/كرافت ؟

(أ) $C_6H_6 + C_2H_5Cl \xrightarrow[\text{anhydrous}]{AlCl_3} C_6H_5C_2H_5 + HCl$

(ب) $C_2H_5OH + HCl \xrightarrow{ZnCl_2} C_2H_5Cl + H_2O$

(ج) $C_6H_5Cl + CH_3COCl \xrightarrow[\text{anhydrous}]{AlCl_3} C_6H_5COCH_3 + Cl_2$

(د) $C_2H_5Br + KOH \longrightarrow C_2H_5OH + KBr$

فكرة الحـل :

تفاعل [فريدل / كرافت] يتم فيه استبدال ذرة هيدروجين فى حلقة البنزين بمجموعة ألكيل مثل $-CH_3$ أو $-C_2H_5$

الحـل : الاختيار الصحيح : (أ)

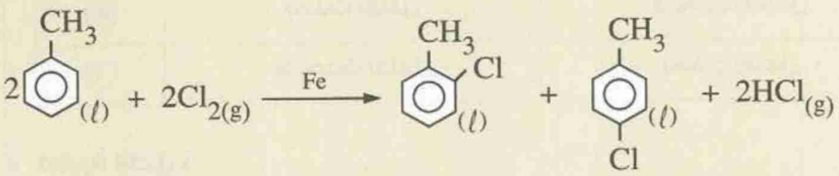
٤ **المركب أرثو-كلوروميثيل بنزين ينتج من ....**

Ⓐ اختزال الفينول ثم هلجنة الناتج. Ⓑ هلجنة الطولوين.

Ⓒ اختزال الفينول ثم ألكلة الناتج. Ⓓ ألكلة الطولوين.

فكرة الحل :

∵ مجموعة الميثيل $(-CH_3)$ موجهة للموضعين أرثو و بارا.



∴ مركب أرثو-كلوروميثيل بنزين ينتج من هلجنة الطولوين.

الحل : الاختيار الصحيح : Ⓑ

---

٥ **عند نيترة المركب C_6H_5Y ينتج مركب ميتا عندما تكون (Y) ....**

Ⓐ $-Cl$ Ⓑ $-CH_3$ Ⓒ $-COOH$ Ⓓ $-OH$

فكرة الحل :

∵ كل من مجموعات $-OH$ ، $-CH_3$ ، $-Cl$ موجهة للموضعين أرثو و بارا.

الحل : الاختيار الصحيح : Ⓒ

---

٦ **ما وجه التشابه بين تفاعل النيترة و تفاعل السلفنة ؟**

Ⓐ كلاهما من تفاعلات الإضافة. Ⓑ كلاهما يستخدم فيه حمض الكبريتيك المركز.

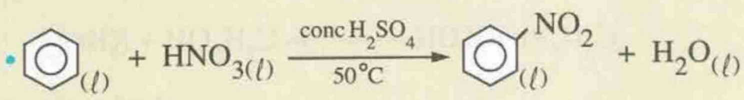
Ⓒ كلاهما من تفاعلات النزع. Ⓓ كلاهما يستخدم فيه حمض النيتريك.

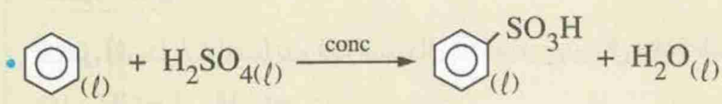
فكرة الحل :

∵ تفاعلات النيترة والسلفنة تُعد من تفاعلات الاستبدال (وليست من تفاعلات الإضافة أو النزع).

∴ يستبعد الاختياران Ⓐ ، Ⓒ

∵ حمض الكبريتيك المركز يستخدم فى كل من تفاعلات النيترة والسلفنة، كما يتضح من المعادلتين الآتيتين :



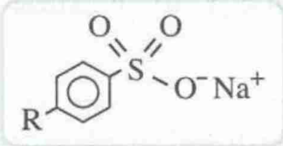


∴ يستبعد الاختيار Ⓓ

الحل : الاختيار الصحيح : Ⓑ

المنظفات الصناعية

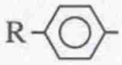
يتم الحصول على المنظف الصناعى (الملح الصوديومى القابل للذوبان فى الماء) بمعالجة مركبات حمض السلفونيك الأروماتية بالصودا الكاوية.

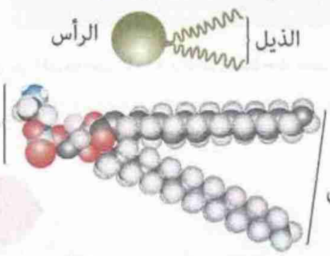




ألكيل حمض بنزين السلفونيك — الملح الصوديومى لألكيل حمض بنزين السلفونيك (المنظف الصناعى)

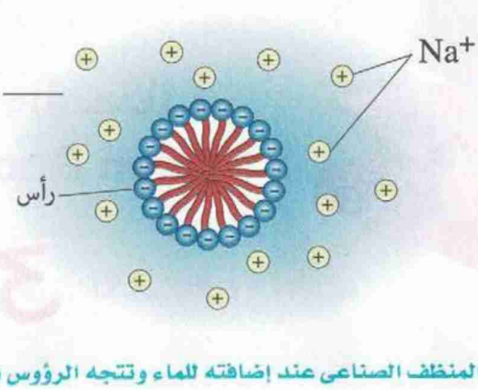
يتكون جزىء المنظف الصناعى من جزئين، هما :

ذيل	رأس
وهو عبارة عن	
سلسلة هيدروكربونية طويلة غير قطبية 	مجموعة متأينة قطبية $(-SO_3^-)$
وهو	
كاره للماء (يبتعد عن الماء)	محب للماء (يتجه نحو الماء)



تركيب المنظف الصناعى

وهو ما يتضح من الشكل التالى :



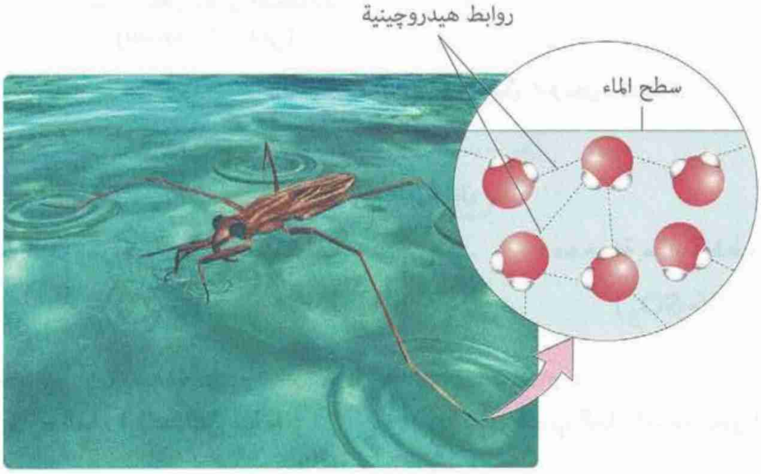
يتأين المنظف الصناعى عند إضافته للماء وتتجه الرؤوس باتجاه الماء

كيفية عمل المنظف الصناعى

◂ **لا يصلح الماء فى إزالة البقع الدهنية من الأنسـجة، لأنها** مواد عضوية، بينما الماء مذيب قطبى، والمواد العضوية لا تذوب فى المذيبات القطبية، ولهذا السبب يضاف المنظف الصناعى إلى الماء لإزالة البقع الدهنية.

للإيضاح فقط

◂ تتسـبب الروابـط الهيدروچينيـة بـين جزيئـات الماء فى جعل سـطح الماء السـائل مشـدودًا، وهو ما يفسـر سـير الحشـرات على سـطح المـاء دون الغـوص فيـه، وتعـرف هـذه الظاهـرة **بالتوتر السـطحى** وإضافة المنظف الصناعى إلى الماء يقلل من عدد الروابط الهيدروچينية بين جزيئاته فيقل توتره السطحى.

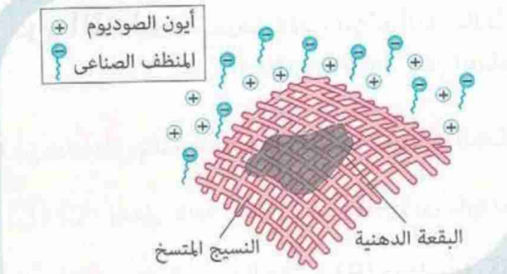


التوتر السطحى للماء يجعل سطحه مشدودًا

وفيما يلى نوضح دور المنظف الصناعى فى عملية التنظيف :

١

إضافة المنظف الصناعى إلى الماء،
يقلل من توتره السطحى،
فتزداد قدرته على تندية (بلل)
النسيج المراد تنظيفه

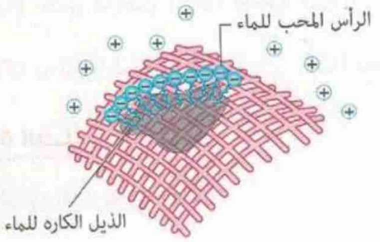


٢

ترتب جزيئات المنظف نفسها، بحيث يتجه :

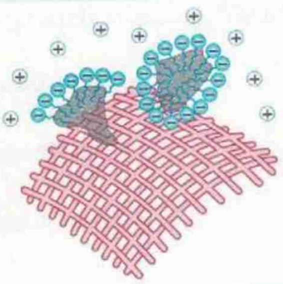
- **الذيل** – الكاره للماء – نحو البقعة الدهنية.
- **الرأس** – المحب للماء – نحو الماء.

وبذلك تتغطى البقعة الدهنية بجزيئات المنظف



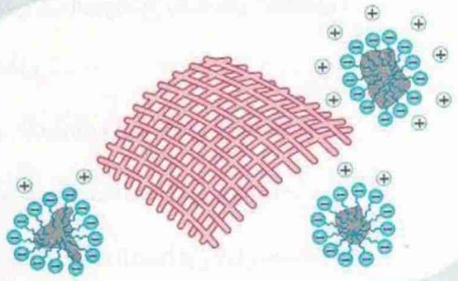
٣

يؤدى الاحتكاك الميكانيكى
أثناء عملية الغسيل
إلى طرد البقع الدهنية
وتكسيرها إلى كرات صغيرة



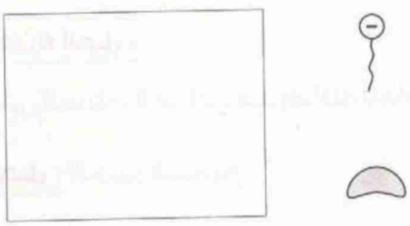
٤

تنفصل الكرات عن النسيج **نتيجة**
للتنافر الحادث بين رؤوس جزيئات المنظف
متشابهة الشحنة **وتتعلق** فى الماء
على هيئة مستحلب،
ويتم التخلص منها بالشطف



أداء ذاتى

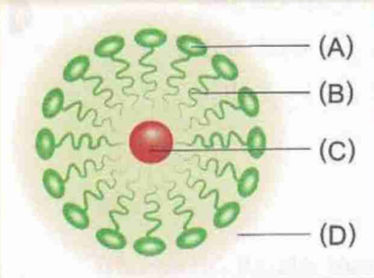
استخدم معطيات الشكل المقابل فى رسم
كيفية ترتيب جزيئات المنظف الصناعى
حول البقعة الدهنية.



أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: التعرف على أنواع التفاعلات العضوية المختلفة وكيفية إسهامها فى تحضير العديد من المنتجات التى يتم استخدامها فى الحياة اليومية.

1 أى مما يأتى يعتبر صحيحًا بالنسبة لبيانات الشكل المقابل ؟



(أ) (C) يمثل بقعة زيت ، (A) يمثل ذيل كاره للماء.

(ب) (D) يمثل الوسط المائى ، (B) يمثل ذيل كاره للماء.

(جـ) (C) يمثل الرأس ، (B) يمثل الذيل.

(د) (D) يمثل المنظف الصناعى ، (C) يمثل البقعة الدهنية.

فكرة الحل :

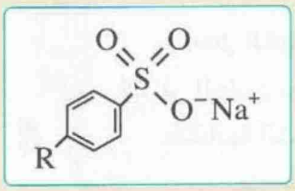
فى الشكل الموضح، يمثل :

- (A) : رأس المنظف الصناعى المحب للماء.
- (B) : ذيل المنظف الصناعى الكاره للماء.
- (C) : البقعة الدهنية.
- (D) : الوسط المائى.

الحل : الاختيار الصحيح : (ب)

---

2 المركب الموضح بالشكل المقابل :



يمثل ....

(أ) المنظف الصناعى فى البنزين.

(ب) المنظف الصناعى فى الماء.

(جـ) المنظف الصناعى قبل استعماله.

(د) الصابون فى الماء.

فكرة الحل :

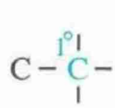
يتأين المنظف الصناعى عند إضافته للماء.

الحل : الاختيار الصحيح : (ب)

درجات ذرات الكربون

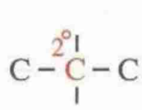
تصنف درجة ذرات الكربون فى أى مركب عضوى حسب عدد ذرات الكربون الأخرى المتصلة بها إلى :

ذرة كربون أولية 1°



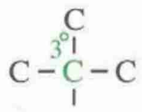
تتصل ذرة الكربون الأولية بذرة كربون واحدة فقط

ذرة كربون ثانوية 2°



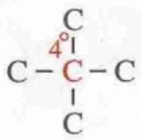
تتصل ذرة الكربون الثانوية بذرتى كربون أخرتين

ذرة كربون ثالثية 3°



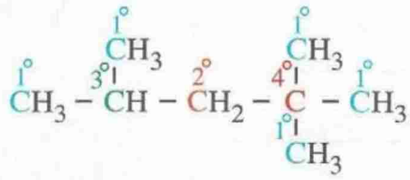
تتصل ذرة الكربون الثالثية بثلاث ذرات كربون أخرى

ذرة كربون رباعية 4°

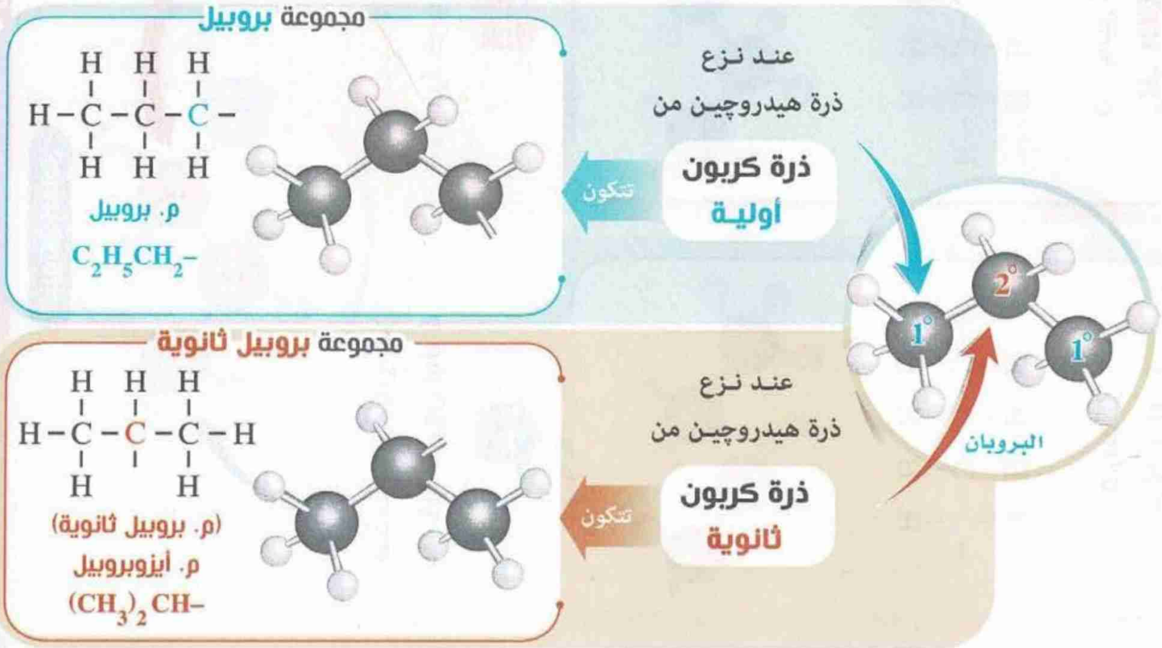


تتصل ذرة الكربون الرباعية بأربع ذرات كربون أخرى

تطبيق تصنيف درجات ذرات الكربون فى أحد الألكانات.



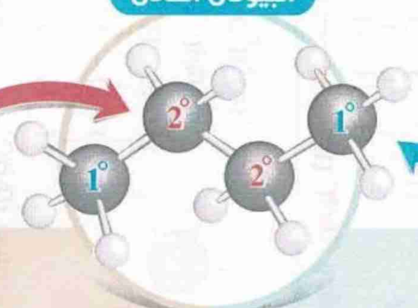
مجموعات الألكيل المشتقة من مركب البروبان C_3H_8



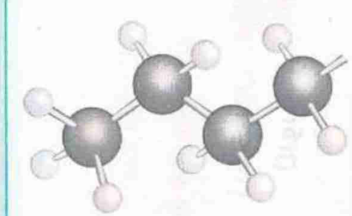
مجموعات الألكيل المشتقة من مركب البيوتان C_4H_{10}

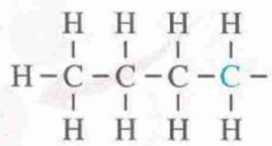
مركب البيوتان له **أيزومران**، هما :

البيوتان العادى



عند نزع ذرة هيدروجين من **ذرة كربون أولية** ← تتكون **مجموعة بيوتيل**

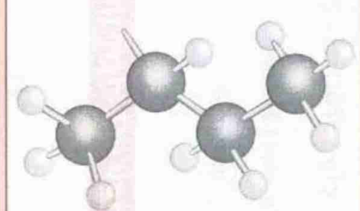


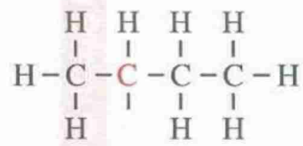


م. بيوتيل

$C_3H_7CH_2-$

عند نزع ذرة هيدروجين من **ذرة كربون ثانوية** ← تتكون **مجموعة بيوتيل ثانوية**

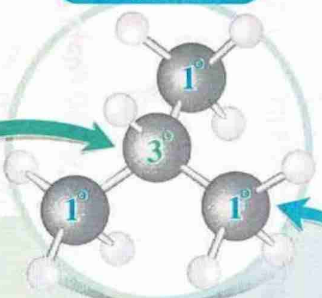




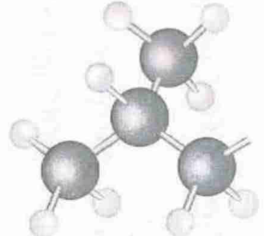
م. بيوتيل ثانوية

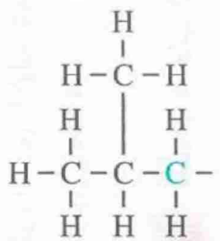
$CH_3\underset{|}{C}HC_2H_5$

الأيزوبيوتان



عند نزع ذرة هيدروجين من **ذرة كربون أولية** ← تتكون **مجموعة أيزوبيوتيل**

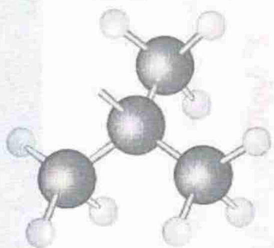


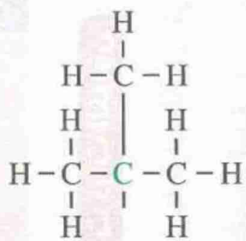


م. أيزوبيوتيل

$(CH_3)_2CHCH_2-$

عند نزع ذرة هيدروجين من **ذرة كربون ثالثية** ← تتكون **مجموعة بيوتيل ثالثية**





م. بيوتيل ثالثية

$(CH_3)_3C-$

مشتقات الهيدروكربونات

تمهيد * **اعتمد تصنيف المركبات العضوية فى الماضى على :**

- **خواصها الفيزيائية** مثل الرائحة و الطعم.
- **بعض خواصها الكيميائية.**

ومع تقدم طرق التحليل الكيميائى وجُد أن الخواص الفيزيائية والكيميائية للمركبات تُعزى إلى وجود المجموعات الوظيفية.

المجموعات الوظيفية (الفعالة)

- **هى** ذرة أو مجموعة من الذرات مرتبطة مع بعضها بطريقة معينة وتكون ركنًا من جزىء المركب وتغلب فاعليتها (وظيفتها) على خواص الجزىء بأكمله.
- **صنفت المركبات العضوية إلى مجموعات لكل منها مجموعة وظيفية معينة،**

كما يتضح من المخطط التالى :

المركبات العضوية التى تحتوى على عناصر

- **C.H.O** : ١ الكحولات – ٢ الفينولات – ٣ الإثيرات – ٤ الألدهيدات – ٥ الكيتونات – ٦ الأحماض الكربوكسيلية – ٧ الإسترات
- **C.H.N** : الأمينات، مثل:
  - ميثيل أمين CH_3-NH_2
  - إيثيل أمين $C_2H_5-NH_2$
- **C.H.N.O** : الأميدات، مثل:
  - أسيتاميد $CH_3-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-NH_2$
  - بنزاميد $C_6H_5-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-NH_2$

١ الكحولات | ٢ الفينولات

المجموعة الوظيفية

الكحولات	الفينولات
مجموعة الهيدروكسيل **الكحولية** (OH−)	مجموعة الهيدروكسيل **الفينولية** (OH−)

الصيغة العامة

الكحولات	الفينولات
R − OH	Ar − OH

الاشتقاق

أ من الماء

الكحولات	الفينولات
يشتق الكحول من الماء	**يشتق الفينول من الماء**

باستبدال ذرة هيدروچين من جزىء الماء بـ :

الكحولات	الفينولات
مجموعة ألكيل (R−)	**مجموعة أريل** (Ar−)
$H - OH \xrightarrow[+R]{-H} R - OH$ (كحول)	$H - OH \xrightarrow[+Ar]{-H} Ar - OH$ (فينول)

ب من الهيدروكربونات

الأليفاتية (الألكانات)	الأروماتية
يشتق **الكحول** من الهيدروكربون **الأليفاتى** باستبدال ذرة هيدروچين من جزىء الهيدروكربون الأليفاتى **بمجموعة هيدروكسيل (OH−)**	يشتق **الفينول** من الهيدروكربون **الأروماتى** باستبدال ذرة هيدروچين من جزىء الهيدروكربون الأروماتى **بمجموعة هيدروكسيل (OH−)**
$R - H \xrightarrow[+OH]{-H} R - OH$ (هيدروكربون أليفاتى ← كحول)	$Ar - H \xrightarrow[+OH]{-H} Ar - OH$ (هيدروكربون أروماتى ← فينول)

ملحوظة

عند نزع أيون هيدروچين H^+ من كحول تتكون مجموعة تعرف **باسم الكوكسيد**

$$R - O - H \xrightarrow{-H} R - O -$$

كحول ← م. الكوكسيد

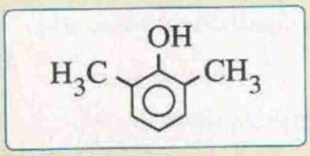
تطبيقات

$CH_3 - O - Na$	$C_2H_5 - O - Na$
ميثوكسيد الصوديوم	**إيثوكسيد الصوديوم**

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: تسمية المركبات العضوية (الفينولات) بنظام الأيوباك.

ما تسمية الأيوباك للمركب المقابل ؟



ⓐ 1 ، 3– ثنائي ميثيل فينول.

ⓑ 1– هيدروكسي –2 ، 6– ثنائي ميثيل بنزين.

ⓒ 1 ، 3– ثنائي ميثيل –2– هيدروكسي بنزين.

ⓓ 2 ، 6– ثنائي ميثيل فينول.

فكرة الحل :

عند ارتباط مجموعة (OH–) ومجموعة ($-CH_3$) بحلقة بنزين، فإن تسمية المركب تنسب إلى الفينول.

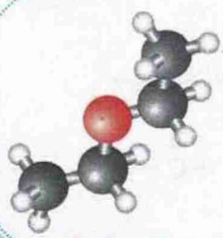
وعليه يتم استبعاد الاختيارين ⓑ، ⓒ

∵ الترقيم يبدأ من مجموعة (OH–) المرتبطة بحلقة البنزين

∴ يستبعد الاختيار ⓐ

الحل : الاختيار الصحيح : ⓓ

٣ الإثيرات



إثير متماثل

المجموعة الوظيفية :

المجموعة الإثيرية (– O –)

الصيغة العامة للإثيرات الأليفاتية : $R - O - R$

وقد تكون مجموعتى R متماثلتين أو مختلفتين.

تسمية الإثيرات :

يغلب استخدام التسمية الشائعة فى الإثيرات مع مراعاة الآتى :

١ إذا كانت المجموعتين R **متماثلتين**

٢ إذا كانت المجموعتين R **مختلفتين**

تبدأ التسمية بكلمة إثير متبوعة بـ

١ **ثنائى اسم** مجموعة الألكيل

٢ **اسمى** مجموعتى الألكيل **حسب** ترتيبهما الأبجدى

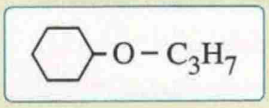
تطبيقات

$CH_3 - O - CH_3$	$C_2H_5 - O - C_2H_5$	$CH_3 - O - C_2H_5$
إثير ثنائى الميثيل	إثير ثنائى الإيثيل	إثير إيثيل ميثيل
(إثير متماثل)	(إثير متماثل)	(إثير مختلط)

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: تسمية المركبات العضوية (الإثيرات) بنظام الأيوباك.

ما تسمية الأيوباك للمركب الموضح بالشكل المقابل ؟



ⓐ إثير فينيل بروبيل.

ⓑ إثير سيكلوهكسان بروبيل.

ⓒ إثير سيكلوهكسيل بروبيل.

ⓓ إثير بروبيل فينيل.

فكرة الحل :

المركب يتضمن مجموعة بروبيل ومجموعة سيكلوهكسيل.

الحل : الاختيار الصحيح : ⓒ

٥ الكيتونات	٤ الألدهيدات
المجموعة الوظيفية	
مجموعة الكربونيل (الكيتون) $-\overset{O}{\overset{\|\|}{C}}-$ $(\rangle CO)$	مجموعة الفورميل (الألدهيد) $-\overset{O}{\overset{\|\|}{C}}-H$ $(-CHO)$
الصيغة العامة	
$R-\overset{O}{\overset{\|\|}{C}}-R$	$R-\overset{O}{\overset{\|\|}{C}}-H$
«مجموعتى R قد يكونا متشابهتين أو مختلفتين»	«يمكن استبدال مجموعة R بذرة H»
التسمية الشائعة	
١ إذا كانت المجموعتين R **متماثلتين**، تبدأ التسمية بكلمة كيتون متبوعة بـ **ثنائى اسم** مجموعة الألكيل ٢ إذا كانت المجموعتين R **مختلفتين**، تبدأ التسمية بكلمة كيتون متبوعة بـ **اسمى مجموعتى** الألكيل **حسب** ترتيبهما الأبجدى	تشتهر الكثير من الألدهيدات بأسماء شائعة
تسمية الأيوباك	
تضاف الخاتمة (– ون) إلى نهاية اسم الألكان المقابل «أى تكون على وزن ألكانون»	تضاف الخاتمة (– ال) إلى نهاية اسم الألكان المقابل «أى تكون على وزن ألكانال»

• تطبيقات

الألدهيد	$H - \overset{\overset{O}{\parallel}}{C} - H$ $(H - CHO)$	$CH_3 - \overset{\overset{O}{\parallel}}{C} - H$ $(CH_3 - CHO)$
التسمية الشائعة	فورمالدهيد	أسيتالدهيد
الألكان المقابل	ميثان CH_4	إيثان C_2H_6
تسمية الأيوباك	ميثانال	إيثانال

الكيتون	$CH_3 - \overset{\overset{O}{\parallel}}{C} - CH_3$ $(CH_3 - CO - CH_3)$	$CH_3 - \overset{\overset{O}{\parallel}}{C} - C_2H_5$ $(CH_3 - CO - C_2H_5)$
التسمية الشائعة	كيتون ثنائى الميثيل (أسيتون)	كيتون إيثيل ميثيل
الألكان المقابل	بروبان C_3H_8	بيوتان C_4H_{10}
تسمية الأيوباك	بروبانون	بيوتانون

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: تسمية المركبات العضوية (الألدهيدات والكيتونات) بنظام الأيوباك.

1 ما تسمية الأيوباك للمركب : $Cl_3C\text{-}CH_2CHO$ ؟

ⓐ 3،3،3– ثلاثى كلوروبروبانال.

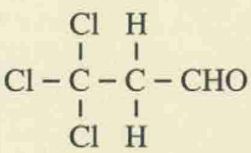
ⓑ 1،1،1– ثلاثى كلوروبروبانال.

ⓒ 2،2،2– ثلاثى كلوروبروبانال.

ⓓ كلورال.

فكرة الحل :

الصيغة البنائية لهذا المركب :



∵ ذرة كربون المجموعة الفعالة (-CHO) تأخذ رقم 1

∴ ذرات Cl تتفرع من ذرة الكربون رقم 3

الحل : الاختيار الصحيح : ⓐ

٢ أى مما يلى يمثل تسمية أيوباك صحيحة لكيتون ؟

Ⓐ 4 – هكسانون.

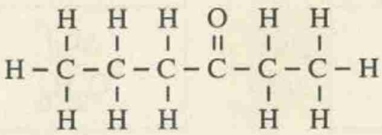
Ⓑ كيتون بروبيل ميثيل.

Ⓒ 2 – بنتانون.

Ⓓ 4 – ميثيل –1– بنتانون.

فكرة الحل :

∵ الصيغة البنائية التالية تمثل مركب 3 – هكسانون [وليس 4 – هكسانون] :

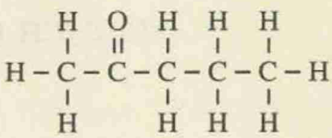


∴ يستبعد الاختيار Ⓐ

∵ كيتون بروبيل ميثيل تعتبر تسمية شائعة وليست تسمية أيوباك.

∴ يستبعد الاختيار Ⓑ

∵ الصيغة البنائية التالية تمثل مركب 2 – بنتانون وهو من الكيتونات :



الحل : الاختيار الصحيح : Ⓒ

ملحوظة

* تعتبر **الكربوهيدرات البسيطة**، مثل :

سكر الجلوكوز	سكر الفركتوز
مواد **ألدهيدية** عديدة الهيدروكسيل	مواد **كيتونية** عديدة الهيدروكسيل

أى أن كل منهما يحتوى على أكثر من مجموعة هيدروكسيل بجانب :

مجموعة ألدهيد	**مجموعة كيتون**

الصيغة الجزيئية

لهما نفس الصيغة الجزيئية

$C_6H_{12}O_6$

الصيغة البنائية المكثفة

سكر الجلوكوز	سكر الفركتوز
CHO	CH_2OH
$(CHOH)_4$	$C=O$
CH_2OH	$(CHOH)_3$
	CH_2OH

الكحولات

◄ **هى** مشتقات للهيدروكربونات الأليفاتية والتى تتميز بوجود مجموعة هيدروكسيل $(-OH)$ واحدة أو أكثر بها.

تسمية الكحولات

التسمية الشائعة

تضاف البادئة (كحول –) والخاتمة (– ى)

إلى اسم مجموعة الألكيل

«أى تكون على وزن كحول ألكيلى»

تسمية الأيوباك

تضاف الخاتمة (– ول) إلى نهاية اسم الألكان

«أى تكون على وزن ألكانول»

مع مراعاة ترقيم السلسلة الكربونية

من الطرف الأقرب لمجموعة الهيدروكسيل

يرجى مراعاة مراجعة

تسمية مجموعات الألكيل و باقى قواعد تسمية الألكانات

بالدرس الثانى

تطبيقات

الألكان	مجموعة الألكيل	الكحول	التسمية الشائعة	تسمية الأيوباك
ميثان CH_4	م. ميثيل CH_3-	CH_3-OH	كحول ميثيلى	ميثانول
إيثان C_2H_6	م. إيثيل C_2H_5-	C_2H_5-OH	كحول إيثيلى	إيثانول
بروبان C_3H_8	م. بروبيل C_3H_7-	C_3H_7-OH	كحول بروبيلى	1- بروبانول
	م. بروبيل ثانوية (م. أيزوبروبيل) $CH_3-\underset{\mid}{\overset{H}{\overset{\mid}{C}}}-CH_3$	$CH_3-\underset{OH}{\underset{\mid}{\overset{H}{\overset{\mid}{C}}}}-CH_3$	كحول بروبيلى ثانوى (كحول أيزوبروبيلى)	2- بروبانول
بيوتان C_4H_{10}	م. بيوتيل $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-$ / C_4H_9-	$CH_3-CH_2-CH_2-\underset{H}{\underset{\mid}{\overset{H}{\overset{\mid}{C}}}}-OH$	كحول بيوتيلى	1- بيوتانول
	م. بيوتيل ثانوية $CH_3-\underset{\mid}{\overset{H}{\overset{\mid}{C}}}-CH_2-CH_3$ / $CH_3\underset{\mid}{C}HC_2H_5$	$CH_3-\underset{OH}{\underset{\mid}{\overset{H}{\overset{\mid}{C}}}}-CH_2-CH_3$	كحول بيوتيلى ثانوى	2- بيوتانول
	م. أيزوبيوتيل $CH_3-\underset{H}{\underset{\mid}{\overset{CH_3}{\overset{\mid}{C}}}}-CH_2-$ / $(CH_3)_2CHCH_2-$	$CH_3-\underset{H}{\underset{\mid}{\overset{CH_3}{\overset{\mid}{C}}}}-CH_2-OH$	كحول أيزوبيوتيلى	2- ميثيل -1- بروبانول
	م. بيوتيل ثالثية $CH_3-\underset{\mid}{\overset{CH_3}{\overset{\mid}{C}}}-CH_3$ / $(CH_3)_3C-$	$CH_3-\underset{OH}{\underset{\mid}{\overset{CH_3}{\overset{\mid}{C}}}}-CH_3$	كحول بيوتيلى ثالثى	2- ميثيل -2- بروبانول

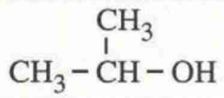
ملحوظة

تسمية الكحول الذى يحتوى على أربع ذرات كربون بالبيوتانول فقط، تعتبر تسمية غير دقيقة،
لأن البيوتانول له أكثر من أيزومر، وبالتالى يلزم تحديد رقم ذرة الكربون المتصلة بمجموعة الهيدروكسيل.

مثال

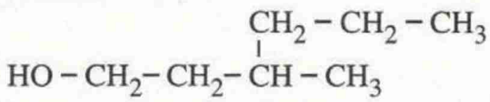
اكتب تسمية الأيوباك للمركبات التالية :

(١)

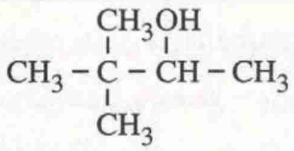


(٢) $CH_3-(CH_2)_2-CH_2-OH$

(٣)



(٤)



الحل

(١) 2– بروبانول.

(٢) 1– بيوتانول.

(٣) 3– ميثيل –1– هكسانول.

(٤) 3،3– ثنائى ميثيل –2– بيوتانول.

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: تسمية المركبات العضوية (الكحولات) بنظام الأيوباك.

١ ما تسمية الأيوباك لهذا المركب : $(CH_3)_2CH-CH_2OH$ ؟

(أ) كحول أيزوبيوتيلى.

(ب) 2– ميثيل –1– بروبانول.

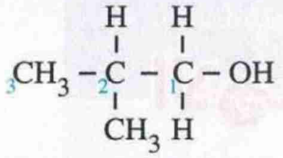
(جـ) 1– ميثيل –2– بروبانول.

(د) 2– بيوتانول.

فكرة الحل :

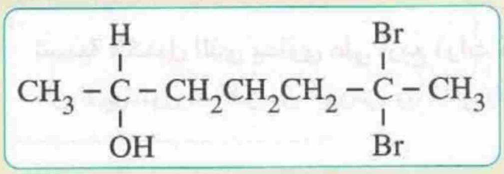
يتضح من الصيغة البنائية المقابلة لهذا المركب أن :

- مجموعة $OH-$ تتصل بذرة الكربون رقم 1
- مجموعة CH_3- تتفرع من ذرة الكربون رقم 2



الحل : الاختيار الصحيح : (ب)

٢ ما تسمية الأيوباك للمركب المقابل ؟



ⓐ 6،6– ثنائي برومو –2– هبتانول.

ⓑ 2،2– ثنائي برومو –6– هبتانول.

ⓒ 6،6– ثنائي برومو –2– هبتانال.

ⓓ 2،2– ثنائي برومو –6– هبتانون.

فكرة الحل :

∵ المركب يحتوى على المجموعة الفعالة (OH–) فقط.

∴ المركب من الكحولات وليس من الألدهيدات «التى تنتهى بالمقطع – ال»
أو من الكيتونات «التى تنتهى بالمقطع – ون».

وعليه يستبعد الاختيارين ⓒ ، ⓓ

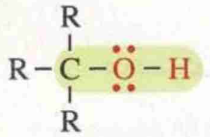
∵ مجموعة (OH–) تتصل فيه بذرة الكربون رقم 2 وذرتى Br تتفرعا من ذرة الكربون رقم 6

∴ يستبعد الاختيار ⓑ

الحل : الاختيار الصحيح : ⓐ

تصنيف الكحولات

- تُعرف ذرة الكربون المتصلة بمجموعة الهيدروكسيل باسم مجموعة الكاربينول.



مجموعة الكاربينول

- يمكن تصنيف الكحولات، كما يتضح من المخطط التالى :

الكحــولات

تصنف حسب عدد مجموعات الهيدروكسيل إلى

كحــولات أحادية الهيدروكسيل

تصنف حسب ارتباط مجموعة الكاربينــول بمجموعات الألكيل وذرات الهيدروچين إلى

كحــولات ثنائية الهيدروكسيل

مثـل

CH_2OH
CH_2OH

الإيثيلين جليكول
$C_2H_4(OH)_2$

كحــولات ثلاثية الهيدروكسيل

مثـل

CH_2OH
$CHOH$
CH_2OH

الجليسرول
$C_3H_5(OH)_3$

كحــولات عديدة الهيدروكسيل

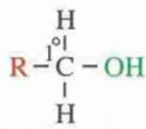
مثـل

CH_2OH
$(CHOH)_4$
CH_2OH

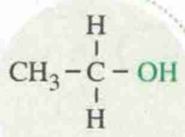
السوربيتول
$C_6H_8(OH)_6$

كحــولات أوليــة

كحولات تكون فيها مجموعة الكاربينول طرفية أى ترتبط **بذرة** كربون واحدة وذرتى هيدروچين (تتصل فيها مجموعة – OH بذرة كربون أولية)



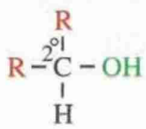
مثـل



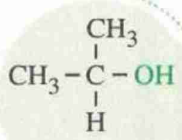
(كحول إيثيلى)
إيثانول

كحــولات ثانويــة

كحولات ترتبط فيها مجموعة الكاربينول **بذرتى** كربون وذرة هيدروچين واحدة (تتصل فيها مجموعة – OH بذرة كربون ثانوية)



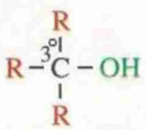
مثـل



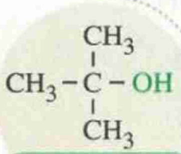
(كحول بروبيلى ثانوى)
2- بروبانول

كحــولات ثالثيــة

كحولات ترتبط فيها مجموعة الكاربينول **بثلاث** ذرات كربون (تتصل فيها مجموعة – OH بذرة كربون ثالثية)



مثـل



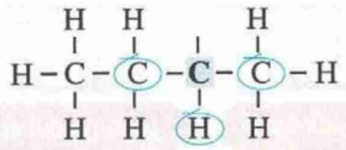
(كحول بيوتيلى ثالثى)
2- ميثيل -2- بروبانول

الفرق بين الكحول الثانوى و الكحول الأيزوألكيل

مجموعات الألكيل الثانوية

◂ مجموعات الألكيل التى تحتوى على ذرة كربون مرتبطة بذرة هيدروچين واحدة **وذرتى كربون أخرتين.**

تطبيق

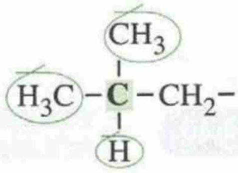


مجموعة بيوتيل ثانوية

مجموعات الأيزوألكيل

◂ مجموعات الألكيل التى تحتوى على ذرة كربون مرتبطة بذرة هيدروچين واحدة **ومجموعتى ميثيل ($-CH_3$).**

تطبيق



مجموعة أيزوبيوتيل

الكحولات الثانوية

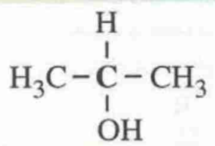
◂ الكحولات التى ترتبط ذرة كربون مجموعة الكاربينول فيها بذرة هيدروچين **وذرتى كربون أخرتين.**

كحولات الأيزوألكيل

◂ الكحولات التى تحتوى على ذرة كربون مرتبطة بذرة هيدروچين واحدة **ومجموعتى ميثيل ($-CH_3$).**

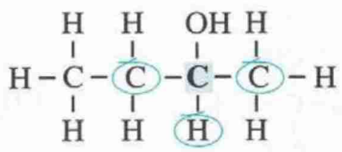
تطبيق

كحول بروبيلى ثانوى



كحول أيزوبروبيلى

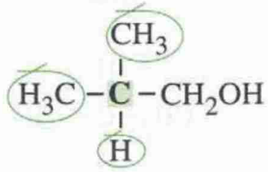
كحول بيوتيلى ثانوى



2 – بيوتانول

«كحول ثانوى»

كحول أيزوبيوتيلى



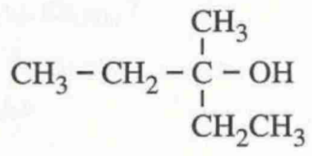
2 – ميثيل – 1 – بروبانول

«كحول أولى»

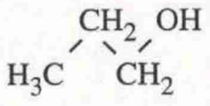
مثال ١

صنف الكحولات الآتية حسب نوع مجموعة الكاربينول :

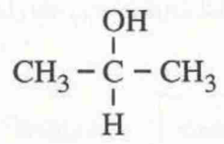
(١)



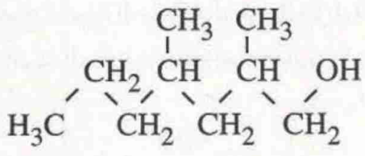
(٢)



(٣)



(٤)



الحل

(١) كحول ثالثى.

(٢) كحول أولى.

(٣) كحول ثانوى.

(٤) كحول أولى.

مثال ٢

ارسم الصيغة البنائية لكل مركب من المركبات التالية :

(١) 2– بنتانول.

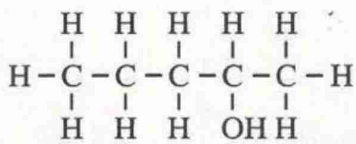
(٢) كحول أيزوبنتيلى.

(٣) هكسانول حلقى.

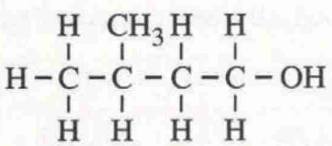
(٤) 2،2– ثنائى ميثيل –1– بيوتانول.

الحل

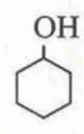
(١)



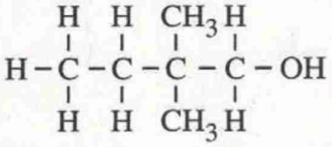
(٢)



(٣)



(٤)



أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: التعرف على المجموعات الوظيفية للمركبات العضوية.

1 أى المركبات الآتية تعتبر أيزومرات للألدهيدات التى لها نفس عدد ذرات الكربون ؟

Ⓐ الكيتونات. Ⓑ الإثيرات.
Ⓒ الكحولات. Ⓓ الأحماض الكربوكسيلية.

فكرة الحل :

الجدول الآتى يوضح الصيغ البنائية والصيغ الجزيئية لخمسة مركبات تحمل نفس عدد ذرات الكربون من السلاسل المتجانسة المختلفة الموضحة بالسؤال :

ألدهيد	كيتون	إثير	كحول	حمض كربوكسيلى
CH_3CH_2CHO	CH_3COCH_3	$CH_3CH_2OCH_3$	$CH_3CH_2CH_2OH$	CH_3CH_2COOH
C_3H_6O	C_3H_6O	C_3H_8O	C_3H_8O	$C_3H_6O_2$

∵ الأيزومـرات تتفق فى نفس الصيغـة الجزيئية وتختلف فى الصيغة البنائية.

∴ الكيتونات تعتبر أيزومرات للألدهيدات التى لها نفس عدد ذرات الكربون.

ملحوظة

تعتبر الإثيرات أيزومرات للكحولات التى لها نفس عدد ذرات الكربون.

الحل : الاختيار الصحيح : Ⓐ

2 أى المركبات الآتية يتضمن رابطة واحدة من النوع (C – O) ؟

Ⓐ الكيتونات. Ⓑ الألدهيدات.
Ⓒ الكحولات. Ⓓ الإثيرات.

فكرة الحل :

الجدول التالى يوضح المجموعات الفعالة للمركبات الأربعة :

الاختيارات	Ⓐ	Ⓑ	Ⓒ	Ⓓ
المركبات	الكيتونات	الألدهيدات	الكحولات	الإثيرات
المجموعة الفعالة	$-\overset{O}{\overset{\Vert}{C}}-$	$-\overset{O}{\overset{\Vert}{C}}-H$	$-\underset{\vert}{\overset{\vert}{C}}-OH$	$-\underset{\vert}{\overset{\vert}{C}}-O-\underset{\vert}{\overset{\vert}{C}}-$

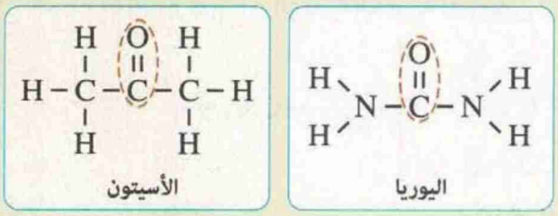
الحل : الاختيار الصحيح : Ⓒ

٣ ما وجه التشابه بين اليوريا و الأسيتون ؟ **[C = 12 , H = 1 , O = 16 , N = 14]**

(أ) كلاهما من الكيتونات.
(ب) كلاهما يحتوى على مجموعة كربونيل.
(جـ) كلاهما له نفس الكتلة المولية.
(د) كلاهما يمكن تحضيره من سيانات الأمونيوم.

فكرة الحل :

يتضح من الصيغة البنائية لكل من اليوريا والأسيتون، أن كلاهما يحتوى على مجموعة كربونيل ($>C = O$).



الحل : الاختيار الصحيح : (ب)

٤ أى المركبات الآتية يحتوى على المجموعة الفعالة $-O-$ ؟

(أ) حمض الأسيتيك.
(ب) الكحول الميثيلى.
(جـ) إثير ثنائى الفينيل.
(د) أسيتون.

فكرة الحل :

المجموعة الفعالة $-O-$ توجد فى الإثيرات.

الحل : الاختيار الصحيح : (جـ)

٥ الجدول المقابل : يوضح الصيغ الكيميائية لأربعة مركبات من سلسلة الأمينات الأولية. ما الصيغة العامة للأمينات الأولية ؟

الصيغة الكيميائية	اسم المركب
CH_3NH_2	ميثيل أمين
$CH_3CH_2NH_2$	إيثيل أمين
$CH_3(CH_2)_2NH_2$	بروبيل أمين
$CH_3(CH_2)_3NH_2$	بيوتيل أمين

(أ) $C_nH_{2n+3}NH_2$
(ب) $C_nH_{2n+1}NH_2$
(جـ) $C_nH_{2n-1}NH_2$
(د) $C_nH_{2n+1}CHNH_2$

فكرة الحل :

الصيغة العامة للألكانات : C_nH_{2n+2}

∵ الأمينات الأولية تشتق من الألكانات باستبدال ذرة هيدروجين بمجموعة أمين $-NH_2$

$$\underset{\text{ألكان}}{R-H} \xrightarrow[+NH_2]{-H} \underset{\text{أمين أولى}}{R-NH_2}$$

∴ الصيغة العامة للأمينات الأولية : $C_nH_{2n+1}NH_2$

الحل : الاختيار الصحيح : (ب)

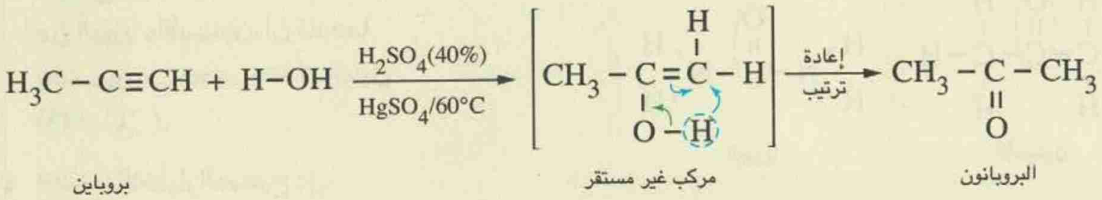
٦ عند هيدرة البروباين فى وجود حمض H_2SO_4 المخفف ، $HgSO_4$ الساخن يتكون ....

Ⓐ البروبانال. Ⓑ كبريتات البروبيل الهيدروچينية.

Ⓙ البروبانول. Ⓓ البروبانون.

فكـرة الحـل :

المعادلة الآتية تعبر عن الهيدرة الحفزية للبروباين :

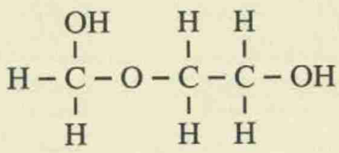
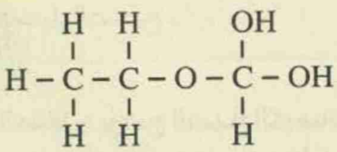
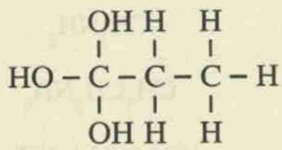
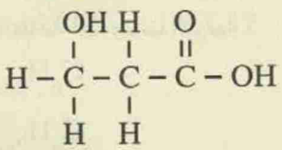


الحـل : الاختيار الصحيح : Ⓓ

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: تصنيف الكحولات حسب مجموعة الهيدروكسيل والكاربينول.

١ كل مما يأتى أيزومرات للجليسرول، عدا ....

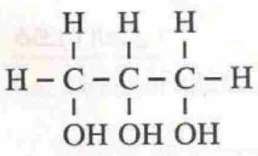
Ⓐ	Ⓑ
	
Ⓙ	Ⓓ
	

فكـرة الحـل :

الصيغة الجزيئية للجليسرول : $C_3H_8O_3$

وفيما يلى الصيغ الجزيئية للمركبات الأربعة الموضحة بالاختيارات :

الاختيارات	Ⓐ	Ⓑ	Ⓙ	Ⓓ
الصيغة الجزيئية	$C_3H_8O_3$	$C_3H_8O_3$	$C_3H_8O_3$	$C_3H_6O_3$



الجليسرول

∵ الصيغة الجزيئية للمركب الموضح بالاختيار Ⓓ ليست $C_3H_8O_3$

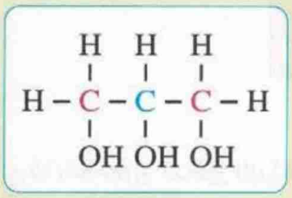
∴ هذا المركب لا يعتبر من أيزومرات الجليسرول.

الحـل : الاختيار الصحيح : Ⓓ

٢ أى مما يأتى يعبر عن عدد كل من مجموعات الكاربينول الأولية والثانوية فى الجليسرول ؟

الاختيارات	مجموعة كاربينول أولية	مجموعة كاربينول ثانوية
Ⓐ	1	2
ⓑ	2	1
ⓒ	3	–
ⓓ	–	3

فكرة الحل :



∵ مجموعة الكاربينـول الأولية هى التى تتصل ذرة الكربون فيها

بذرة كربون واحدة وبذرتى هيدروچين، بينما

مجموعة الكاربينول الثانوية هى التى تتصل ذرة الكربون فيها

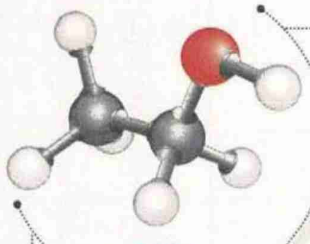
بذرتى كربون أخرتين وذرة هيدروچين واحدة.

∴ عدد مجموعات الكاربينول الأولية = 2

وعدد مجموعات الكاربينول الثانوية = 1

الحـل : الاختيار الصحيح : ⓑ

الإيثانول (الكحول الإيثيلى)



إيثانول

- يُعتبر **الإيثانول** أقدم مركب عضوى تم تحضيره صناعيًا، فقد حضره قدماء المصريين منذ أكثر من ثلاثة آلاف عام من تخمر المواد السكرية و النشوية.



الفراعنة أول من حضروا الإيثانول

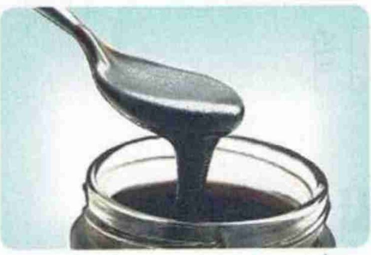
- **تختلف طرق تحضير الإيثانول فى الصناعة عنها فى المعمل، كما يتضح من المخطط التالى :**



تحضير الإيثانول
- أولًا فى الصناعة
  - من
    - ١ التخمر الكحولى للمواد السكرية و النشوية
    - ٢ الهيدرة الحفزية للإيثين
- ثانيًا فى المعمل
  - من
    - التحلل المائى لهاليدات الإيثيل فى وسط قلوى

أولًا تحضير الإيثانول فى الصناعة

١ تحضير الإيثانول من التخمر الكحولى للمواد السكرية و النشوية



يُعرف المولاس بين عامة الناس باسم العسل الأسود

- **ينتج حوالى 20%** من الإيثانول على مستوى العالم من عمليات التخمر الكحولى للمواد السكرية والنشوية خاصةً فى البلدان التى تكثر فيها زراعات قصب السكر والبنجر والذرة.

- **يُحضر الإيثانول** فى مصر من المحلول السكرى المتبقى بعد استخلاص السكر من عصير القصب والذى يعرف **بالمولاس**.

- **تُجرى عملية التخمر** بإضافة الخميرة - التى تفرز **إنزيم الزيميز** - إلى المولاس (سكر السكروز) ويتم التفاعل **على خطوتين، هما :**

الخطوة الأولى التحلل المائى لسكر السكروز فى وسط حامضى (H^+).

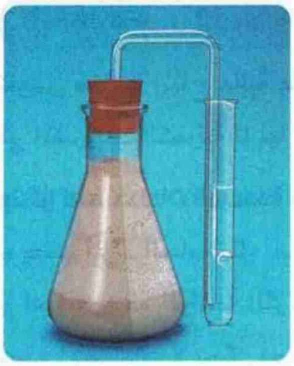
$$C_{12}H_{22}O_{11(aq)} + H_2O_{(l)} \xrightarrow[H^+]{hydrolysis} C_6H_{12}O_{6(aq)} + C_6H_{12}O_{6(aq)}$$

سكروز ... جلوكوز ... فركتوز

الخطوة الثانية تخمر الجلوكوز بواسطة إنزيم الزيميز إلى إيثانول وغاز ثانى أكسيد الكربون.

$$C_6H_{12}O_{6(aq)} \xrightarrow[zymase\ enzyme]{yeast} 2C_2H_5OH_{(l)} + 2CO_{2(g)}$$

جلوكوز ... إيثانول



غاز CO_2 الناتج عن عملية التخمر الكحولى يعكر ماء الجير الرائق

٢ تحضير الإيثانول بالهيدرة الحفزية للإيثين

- تُعتبر عملية **الهيدرة الحفزية للإيثين هى الطريقة الشائعة لتحضير الإيثانول**، وخاصةً فى معظم البلدان النفطية.
- حيث **يتم تكسير** المواد البترولية كبيرة السلسلة إلى مواد أصغر كغاز الإيثين، **ثم تتم عملية الهيدرة الحفزية** للإيثين فى وجود حمض الكبريتيك المخفف أو حمض الفوسفوريك كعامل حفاز.

$$\text{منتجات بترولية} \xrightarrow{cracking} C_2H_{4(g)} + H_2O_{(l)} \xrightarrow[110^\circ C]{dil\ H_2SO_4} C_2H_5OH_{(v)}$$

إيثين ... إيثانول

- يعتبر الإيثانول من البتروكيماويات (الكيماويات التى تُصنع من البترول)، لأنه ينتج من الهيدرة الحفزية لغاز الإيثين الذى ينتج من تكسير المواد البترولية كبيرة السلسلة.

تحضير الكحولات الثانوية والثالثية بطريقة الهيدرة الحفزية للألكينات

- **يمكن تحضير الكحولات الثانوية والثالثية بالهيدرة الحفزية للألكينات (عدا الإيثين)، وتخضع هذه التفاعلات لقاعدة ماركونيكوف «يرجى مراجعة القاعدة فى صفحة (٧١)».**

> **الإيثين** هو الألكين **الوحيد** الذى **يعطى كحول أولى** بالهيدرة الحفزية

- **تحضير مركب 2- بروبانول (كحول ثانوى) من البروبين (ألكين غير متماثل).**

$$CH_3-CH=CH_{2(g)} + H_2O_{(l)} \xrightarrow[110^\circ C]{H_2SO_4} CH_3-\underset{\underset{OH}{|}}{CH}-CH_{3(l)}$$

بروبين ... 2- بروبانول

- **تحضير مركب 2- ميثيل -2- بيوتانول (كحول ثالثى) من مركب 2- ميثيل -2- بيوتين (ألكين غير متماثل).**

$$CH_3-\overset{\overset{CH_3}{|}}{C}=CH-CH_{3(l)} + H_2O_{(l)} \xrightarrow[110^\circ C]{H_2SO_4} CH_3-\underset{\underset{OH}{|}}{\overset{\overset{CH_3}{|}}{C}}-CH_2-CH_{3(l)}$$

2- ميثيل -2- بيوتين ... 2- ميثيل -2- بيوتانول

الكحول المحول (السبرتو الأحمر)

- تفرض ضريبة إنتاج عالية على الإيثانول النقى (تركيز 96%)، **وذلك للحد من تناوله** فى المشروبات الكحولية لما لها من أضرار صحية واجتماعية جسيمة.
- **ونظرًا للاستخدامات المتعددة للإيثانول**، فإنه يتم تداوله بسعر اقتصادى **بعد إضافة :**
  - بعض المواد السامة مثل الميثانول والذى يؤدى تناوله إلى الإصابة بالجنون والعمى.
  - البيريدين ذو الرائحة الكريهة.
  - بعض الصبغات لتلوينه.

  وهذه الإضافات لا يمكن فصلها عن الإيثانول إلا بعمليات كيميائية معقدة، بجانب أن القانون يعاقب عليها.
- **ومن الكحولات غير النقية التى** تستخدم كوقود منزلى وفى بعض الصناعات الكيميائية **الكحول المحول (السبرتو الأحمر)** وهو يتكون من إيثانول (85%)، ميثانول (5%)، صبغات (1%)، لون و رائحة و ماء (9%).



يستخدم الكحول المحول كوقود

ثانيًا تحضير الإيثانول فى المعمل (الطريقة العامة)

- تُحضر الكحولات فى المعمل **بالتحلل المائى لهاليدات الألكيل فى وسط قلوى قوى** مثل هيدروكسيد البوتاسيوم KOH، حيث تحل مجموعة الهيدروكسيل محل شق الهاليد لتكوين الكحول المقابل.

$$R-X + KOH_{(aq)} \xrightarrow{\Delta} R-OH + KX$$

هاليد ألكيل ← كحول

- **وترتب الهالوجينات حسب سهولة انتزاعها من هاليدات الألكيل، كالتالى :**

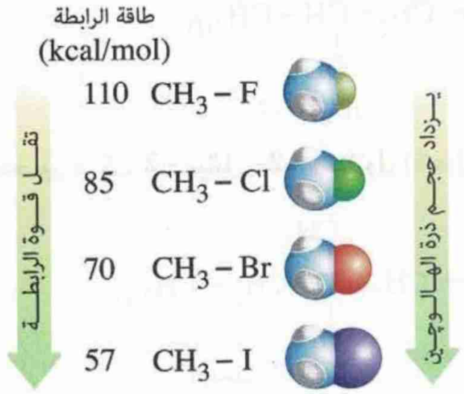
يود > بروم > كلور > فلور

«أى أن يوديدات الألكيل أسهلها تحللًا»

- يفضل يوديد الألكيل عن كلوريد الألكيل فى تحضير الكحولات بالطريقة العامة، لأن التحلل المائى ليوديد الألكيل فى وسط قلوى قوى يكون أسهل مما لكلوريد الألكيل.

للإيضاح فقط

بزيادة العدد الذرى فى المجموعة 7A **يزداد** نصف القطر الذرى للهالوجين (X) **وتقل** السالبية الكهربية وبالتالى **تقل** قوة الرابطة C – X فى هاليد الألكيل **وهو ما يؤدى إلى** سهولة تحلله مائيًا فى الوسط القلوى



ويمكن تحضير الكحولات الأولية والثانوية والثالثية بالطريقة العامة، كالتالى :

تحضير الإيثانول (كحول أولى) :

$$C_2H_5Br_{(l)} + KOH_{(aq)} \xrightarrow{\Delta} C_2H_5OH_{(aq)} + KBr_{(aq)}$$

بروموإيثان (بروميد الإيثيل) ← إيثانول

تحضير مركب 2- بروبانول (كحول ثانوى) :

$$CH_3-\underset{\underset{Br}{|}}{\overset{\overset{H}{|}}{C}}-CH_{3(l)} + KOH_{(aq)} \xrightarrow{\Delta} CH_3-\underset{\underset{OH}{|}}{\overset{\overset{H}{|}}{C}}-CH_{3(aq)} + KBr_{(aq)}$$

2- بروموبروبان ← 2- بروبانول

تحضير مركب 2- ميثيل -2- بروبانول (كحول ثالثى) :

$$CH_3-\underset{\underset{Cl}{|}}{\overset{\overset{CH_3}{|}}{C}}-CH_{3(l)} + KOH_{(aq)} \xrightarrow{\Delta} CH_3-\underset{\underset{OH}{|}}{\overset{\overset{CH_3}{|}}{C}}-CH_{3(aq)} + KCl_{(aq)}$$

2- كلورو -2- ميثيل بروبان ← 2- ميثيل -2- بروبانول

اكتب معادلات تحضير الكحولات الآتية من هاليدات الألكيل المناسبة :

(١) الميثانول.

$$CH_3Br_{(l)} + KOH_{(aq)} \xrightarrow{\Delta} CH_3OH_{(aq)} + KBr_{(aq)}$$

بروموميثان ← ميثانول

(٢) 2- بيوتانول

$$CH_3-CH_2-CHBr-CH_{3(l)} + KOH_{(aq)} \xrightarrow{\Delta} CH_3-CH_2-CHOH-CH_{3(aq)} + KBr_{(aq)}$$

2- بروموبيوتان ← 2- بيوتانول

(٣) 2- ميثيل -2- بنتانول.

$$CH_3-\underset{\underset{Br}{|}}{\overset{\overset{CH_3}{|}}{C}}-C_3H_{7(l)} + KOH_{(aq)} \xrightarrow{\Delta} CH_3-\underset{\underset{OH}{|}}{\overset{\overset{CH_3}{|}}{C}}-C_3H_{7(aq)} + KBr_{(aq)}$$

2- برومو -2- ميثيل بنتان ← 2- ميثيل -2- بنتانول

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: التعرف على أنواع التفاعلات العضوية المختلفة (تحضير الكحولات).

١ **المعادلات الآتية غير كاملة و غير موزونة :**

(1) $C_6H_{12}O_{6(aq)} \longrightarrow C_2H_5OH_{(aq)} + A$

(2) $C_6H_{12}O_{6(aq)} \rightleftharpoons C_{12}H_{22}O_{11(aq)} + B$

(3) $C_6H_{12}O_{6(aq)} \longrightarrow A + B$

أى مما يأتى يعبر عن الناتجين (A) ، (B) ونوع التفاعل (3) ؟

الاختيارات	الناتج (A)	الناتج (B)	نوع التفاعل (3)
أ	ماء	ثانى أكسيد الكربون	تخمر كحولى
ب	ثانى أكسيد الكربون	ماء	تخمر كحولى
ج	ماء	ثانى أكسيد الكربون	احتراق
د	ثانى أكسيد الكربون	ماء	احتراق

فكرة الحل :

∵ التخمر الكحولى للجلوكوز يُكوِّن إيثانول وغاز ثانى أكسيد الكربون.

$$\underset{\text{جلوكوز}}{C_6H_{12}O_{6(aq)}} \xrightarrow[\text{zymase enzyme}]{\text{yeast}} \underset{\text{إيثانول}}{2C_2H_5OH_{(l)}} + 2CO_{2(g)}$$

∴ الناتج (A) : CO_2

وعليه يتم استبعاد الاختيارين أ ، ج

∵ عملية تكاثف جزىء من الفركتوز مع آخر من الجلوكوز (وكلاهما صيغته الجزيئية $C_6H_{12}O_6$)

تؤدى إلى تكوين جزىء من السكروز $C_{12}H_{22}O_{11}$ وماء.

$$2C_6H_{12}O_{6(aq)} \rightleftharpoons C_{12}H_{22}O_{11(aq)} + H_2O_{(l)}$$

∴ الناتج (B) : H_2O

وبمعلومية (A)، (B) نستنتج أن التفاعل (3) هو تفاعل احتراق.

الحل : الاختيار الصحيح : د

٢ أى المركبات الآتية يتفاعل مع الماء فى وجود عامل حفاز لإنتاج كحول صيغته الجزيئية C_3H_8O ؟

ⓐ CH_3CHCH_2 ⓑ $CH_3CHCHCH_3$

ⓙ $CH_3CH_2CH_3$ ⓓ CH_3CH_2COOH

◀ **فكرة الحل :**

∵ الألكين يتفاعل مع الماء فى وجود عامل حفاز مكونًا كحول.

∴ يتفاعل المركب CH_3CHCH_2 مع الماء فى وجود عامل حفاز، تبعًا للمعادلة التالية :

$$CH_3-CH=CH_2+H_2O \xrightarrow[110°C]{H_2SO_4} CH_3-\underset{OH}{\overset{H}{\underset{|}{\overset{|}{C}}}}-CH_3$$

الصيغة الجزيئية للكحول الناتج : C_3H_8O

◀ **الحل :** الاختيار الصحيح : ⓐ

٣ المخطط التالى يوضح تحول الإيثين إلى المركب (Y) عبر التفاعلين (A) ، (B) :

الإيثين —HBr / التفاعل (A)→ المركب (X) —$NaOH_{(aq)}$ / التفاعل (B)→ المركب (Y)

أى مما يأتى يعبر عن التفاعلين (A) ، (B) والمركبين (X) ، (Y) ؟

الاختيارات	التفاعل (A)	المركب (X)	التفاعل (B)	المركب (Y)
ⓐ	إضافة	برومو إيثان	إضافة	إيثانول
ⓑ	إضافة	برومو إيثان	استبدال	إيثانول
ⓙ	استبدال	برومو إيثين	تعادل	حمض إيثانويك
ⓓ	استبدال	برومو إيثين	استبدال	هيدروكسيد الإيثين

◀ **فكرة الحل :**

∵ الإيثين يتفاعل مع بروميد الهيدروچين بالإضافة مكونًا برومو إيثان (بروميد الإيثيل).

$$C_2H_{4(g)}+HBr_{(g)} \longrightarrow C_2H_5Br_{(l)}$$

∴ يستبعد الاختيارين ⓙ ، ⓓ

∵ برومو إيثان (المركب X) يتفاعل مع المحلول المائى من $NaOH$ بالاستبدال (وليس بالإضافة) مكونًا إيثانول.

$$\underset{\text{(بروميد الإيثيل) برومو إيثان}}{C_2H_5Br_{(l)}}+NaOH_{(aq)} \xrightarrow{\Delta} \underset{\text{(كحول أولى) إيثانول}}{C_2H_5OH_{(aq)}}+NaBr_{(aq)}$$

∴ يستبعد الاختيار ⓐ

◀ **الحل :** الاختيار الصحيح : ⓑ

الخواص العامة للكحولات

تتناول الخواص العامة للكحولات كل من :



أولاً الخواص الفيزيائية للكحولات

شاهد الفيديو

١ **اللون :** الكحولات النقية مواد عديمة اللون.

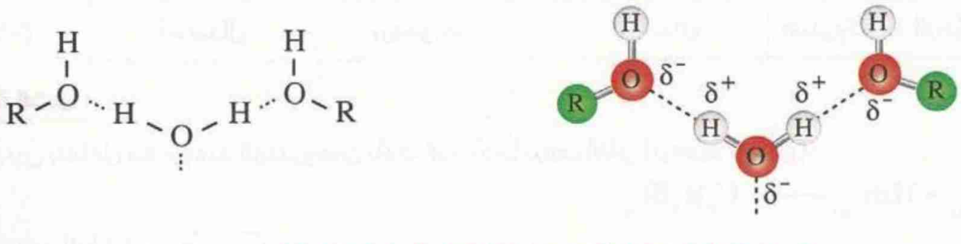
٢ **التأثير على دليل عباد الشمس :** متعادلة التأثير.

٣ **الحالة الفيزيائية :**

- **المركبات الأولى** : سوائل خفيفة.
- **المركبات المتوسطة** : سوائل زيتية القوام.
- **المركبات العالية** : مواد صلبة ذات قوام شمعى.

٤ **الذوبانية فى الماء :**

تتميز الأفراد الأولى من الكحولات عن الألكانات المقابلة لها بأنها تمتزج بالماء امتزاجًا تامًا، **وذلك لاحتوائها على** مجموعة الهيدروكسيل القطبية $(\overset{\delta-}{-O}-\overset{\delta+}{H})$ والتى تعمل على تكوين روابط هيدروجينية بين جزيئات الكحول وجزيئات الماء تتسبب فى ذوبانها تمامًا فى الماء.



الروابط الهيدروجينية بين جزيئات الكحول وجزيئات الماء

للإيضاح فقط

تقل ذوبانية الكحولات فى الماء بزيادة كتلها المولية، ويرجع ذلك لضعف تأثير الجزء القطبى من الجزىء بازدياد كتلة الجزء غير القطبى من الجزىء.

$$CH_3-(CH_2)_5-CH_2-OH$$

الجزء غير القطبى — الجزء القطبى

٥ درجة الغليان :

تتميز الأفراد الثلاثة الأولى من الكحولات عن الألكانات المقابلة لها بارتفاع درجة غليانها، **لاحتوائها على مجموعة** الهيدروكسيل القطبية والتى تعمل على تكوين روابط هيدروچينية بين جزيئات الكحول وبعضها مما يزيد من الطاقة اللازمة لفصل هذه الجزيئات عن بعضها، فترتفع درجة غليانها.

الكحول	درجة الغليان	الألكان المقابل	درجة الغليان
ميثانول	65°C	ميثان	−161°C
إيثانول	78.5°C	إيثان	−89°C
1- بروبانول	97.8°C	بروبان	−44°C

«الجدول للإيضاح فقط»

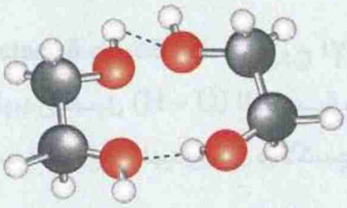


الروابط الهيدروچينية بين جزيئات الكحول وبعضها

وبشكل عام

- تؤدى **زيادة عدد مجموعات الهيدروكسيل** فى جزىء الكحول **إلى زيادة ذوبانيته** فى الماء، **وارتفاع درجة غليانه**، **كما يتضح من الجدول المقابل :**

الكحول	درجة الغليان
إيثانول C_2H_5OH	78.5°C
إيثيلين جليكول $C_2H_4(OH)_2$	197°C
جليسرول $C_3H_5(OH)_3$	290°C



يرتبط الجزىء الواحد من الإيثيلين جليكول **بعدد 2 رابطة هيدروچينية مع الجزىء المجاور له**

- **تطبيق** درجة غليان الجليسرول أعلى من درجة غليان الإيثيلين جليكول

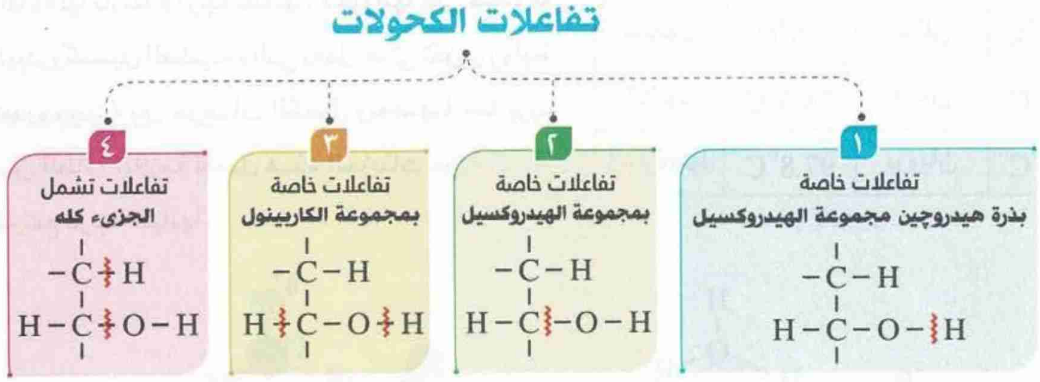
لأن الجليسرول كحول ثلاثى الهيدروكسيل، بينما الإيثيلين جليكول كحول ثنائى الهيدروكسيل، وكلما زاد عدد مجموعات الهيدروكسيل فى جزىء الكحول ازدادت قدرته على تكوين روابط هيدروچينية بين جزيئاته وبعضها، مما يزيد من درجة غليانه.

ملحوظة

ترتبط جزيئات الأمينات بعضها مثل : (ميثيل أمين وإيثيل أمين و ...) بروابط هيدروچينية كالكحولات.

ثانيا الخواص الكيميائية للكحولات

تصنف التفاعلات الكيميائية للكحولات، كما يتضح من المخطط التالى :



١ تفاعلات الكحولات الخاصة بذرة هيدروجين مجموعة الهيدروكسيل

تتضمن هذه التفاعلات كل من :

- أ حامضية الكحولات
- ب تكوين الإستر

أ حامضية الكحولات

- **رغم أن** الكحولات **مواد متعادلة**، إلا أنه تظهر لها **صفة حامضية ضعيفة جدًا، لأن** زوج الإلكترونات الذى يربط ذرة الهيدروجين بذرة الأكسچين فى مجموعة الهيدروكسيل (O – H) القطبية يزاح أكثر ناحية ذرة الأكسچين (الأكثر سالبية) مما يضعف الرابطة التساهمية بين الهيدروجين والأكسچين، فيسهل كسرها، وبالتالى خروج أيون H^+

- **ويظهر ضعف الصفة الحامضية للكحولات فى** عدم تفاعلها مع القلويات القوية مثل هيدروكسيد البوتاسيوم KOH، إلا أنها تتفاعل مع **الفلزات النشطة**، **مثل** البوتاسيوم K والصوديوم Na، حيث تحل هذه الفلزات محل ذرة هيدروجين مجموعة الهيدروكسيل.

$$2ROH + 2Na \longrightarrow 2RONa + H_2$$

كحول — ألكوكسيد صوديوم

> يتفاعل الماغنسيوم مع الإيثانول بنشاط أقل من تفاعل الإيثانول مع الصوديوم والبوتاسيوم

- **تطبيق** تفاعل الميثانول مع البوتاسيوم

$$2CH_3OH_{(l)} + 2K_{(s)} \longrightarrow 2CH_3OK_{(s)} + H_{2(g)}$$

ميثانول — ميثوكسيد البوتاسيوم

نشاط عملى : حامضية الإيثانول

المواد و الأدوات المستخدمة

- أنبوبة اختبار سعة 10 mL
- إيثانول.
- قطعة صوديوم فى حجم الحمصة.

الخطوات

1. ضع 5 mL من الإيثانول فى أنبوبة الاختبار.
2. ضع قطعة الصوديوم بحرص فى أنبوبة الاختبار، مع سد فوهة الأنبوبة بإصبع الإبهام ... **ماذا تلاحظ ؟**
3. قرب عود ثقاب مشتعل من فوهة الأنبوبة بحذر ... **ماذا تلاحظ ؟**

الملاحظة

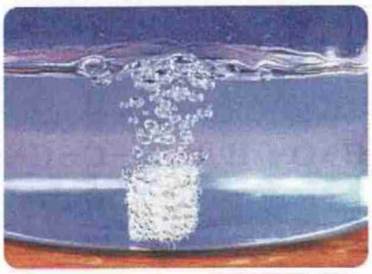
- يشاهد تصاعد فقاعات غازية فى الأنبوبة.
- يُسمع صوت فرقعة مميزة.

الاستنتاج

يحل الصوديوم محل هيدروچين مجموعة هيدروكسيل الإيثانول مكونًا إيثوكسيد الصوديوم مع تصاعد غاز الهيدروچين فى صورة فقاعات غازية تشتعل بفرقعة عند تقريب عود ثقاب مشتعل إليه.

$$2C_2H_5OH_{(l)} + 2Na_{(s)} \longrightarrow 2C_2H_5ONa_{(s)} + H_{2(g)}$$

إيثانول — إيثوكسيد الصوديوم



تتصاعد فقاعات من غاز الهيدروچين عند تفاعل الصوديوم مع الإيثانول

ملحوظات

- **عند تبخير محلول إيثوكسيد الصوديوم يترسب** إيثوكسيد الصوديوم **فى صورة** مادة صلبة **بيضاء اللون.**
- **مادة إيثوكسيد الصوديوم قابلة للتميؤ (التحلل المائى) إلى إيثانول و هيدروكسيد صوديوم.**

$$C_2H_5ONa_{(s)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow C_2H_5OH_{(aq)} + NaOH_{(aq)}$$

إيثوكسيد الصوديوم — إيثانول

ب تكوين الإستر

تتفاعل الكحولات مع الأحماض الكربوكسيلية لتكوين الإسترات

$$R-\overset{\overset{\large O}{||}}{C}-OH + HO-R' \rightleftharpoons R-\overset{\overset{\large O}{||}}{C}-O-R' + H_2O$$

حمض كربوكسيلى — كحول — إستر — ماء

الماء الناتج من هذا التفاعل مصدره :

- **ذرة هيدروچين** مجموعة الهيدروكسيل من جزىء **الكحول**.
- **مجموعة هيدروكسيل** مجموعة الكربوكسيل من جزىء **الحمض الكربوكسيلى**.

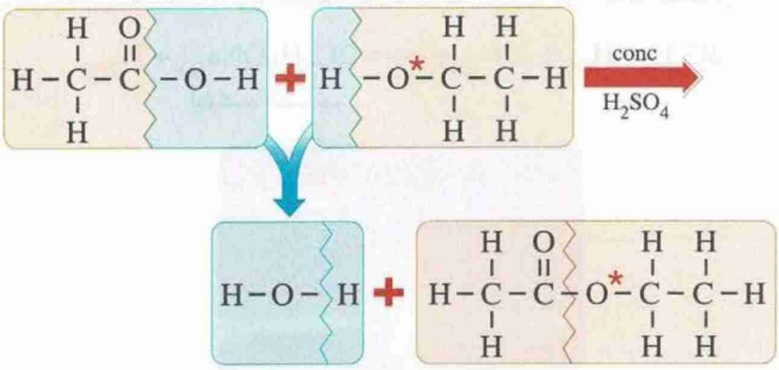
تطبيق

تفاعل الكحول الإيثيلى (الإيثانول) مع حمض الأسيتيك (حمض الإيثانويك)

$$CH_3COOH_{(l)} + C_2H_5OH_{(l)} \xrightarrow[H_2SO_4]{conc} CH_3COOC_2H_{5(aq)} + H_2O_{(l)}$$

حمض الأسيتيك — كحول إيثيلى — إستر أسيتات الإيثيل

كيف أمكن إثبات أن أكسچين الماء الناتج من عملية الأسترة مصدره الحمض وليس الكحول ؟



عند معالجة الإيثانول الذى يحتوى على نظير الأكسچين الثقيل (^{18}O*)، بحمض الإيثانويك الذى يحتوى على نظير الأكسچين العادى (^{16}O)، وُجد أن أكسچين الماء الناتج هو ^{16}O وليس ^{18}O

ملحوظة

يضاف حمض الكبريتيك المركز عند تفاعل الكحولات مع الأحماض الكربوكسيلية لتكوين الإسترات، للتخلص من الماء الناتج وبالتالى منع التفاعل العكسى وزيادة معدل التفاعل الطردى (اتجاه تكوين الإستر).

٢ تفاعلات الكحولات الخاصة بمجموعة الهيدروكسيل (قاعدية الكحولات)

تتفاعل الكحولات بسهولة مع الأحماض الهالوچينية (HX)

حيث يحل الهالوچين محل مجموعة الهيدروكسيل مكونًا هاليد ألكيل وماء

$$ROH + HX \longrightarrow RX + H_2O$$

كحول (ألكانول) — حمض هالوچينى (هاليد هيدروچين) — هاليد ألكيل (هالوألكان)

تطبيق

تفاعل الإيثانول مع حمض الهيدروكلوريك المركز

◂ يتفاعل الإيثانول مع حمض الهيدروكلوريك المركز فى وجود كلوريد الخارصين كعامل حفاز، مكونًا كلوريد الإيثيل.

$$C_2H_5OH_{(\ell)} + HCl_{(\ell)} \xrightarrow{ZnCl_2} C_2H_5Cl_{(aq)} + H_2O_{(\ell)}$$

كحول إيثيلى (إيثانول) — كلوريد الإيثيل (كلوروإيثان)

أداء ذاتي

وضح بالمعادلات الرمزية كيفية تحويل الإيثانول إلى كلوريد إيثيل والعكس.

....

....

....

٣ تفاعلات الكحولات الخاصة بمجموعة الكاربينول (أكسدة الكحولات)

◂ **تتأكسد الكحولات بفعل العوامل المؤكسدة، مثل :**

- **ثانى كرومات البوتاسيوم** المحمضة بحمض الكبريتيك المركز.
- **برمنجنات البوتاسيوم** المحمضة بحمض الكبريتيك المركز.

◂ **يتركز فعل العامل المؤكسد على ذرات الهيدروچين** المتصلة بمجموعة الكاربينول، **حيث يحولها إلى مجموعات هيدروكسيل**.

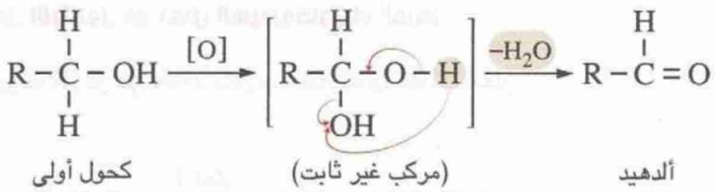
◂ **يختلف ناتج** أكسدة الكحول **باختلاف نوعه** (أولى أو ثانوى).

أكسدة الكحولات الأولية

- نظرًا لاتصال مجموعة الكاربينول فى الكحولات الأولية بذرتى هيدروچين، **فإن عملية الأكسدة تتم على خطوتين، هما :**

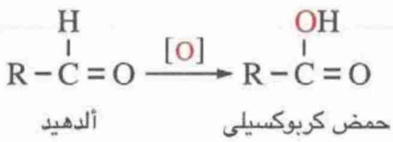
> تتصل مجموعة الكاربينول فى **الكحولات الأولية بذرتى هيدروچين**
>
> 

الخطوة الأولى تتأكسد إحدى ذرتى هيدروچين مجموعة الكاربينول فيتكون مركب غير ثابت يفقد جزىء ماء متحولًا إلى **ألدهيد** (مركب ثابت).



> **اتصال** مجموعتى هيدروكسيل **بذرة كربون واحدة** يجعل المركب **غير ثابت**

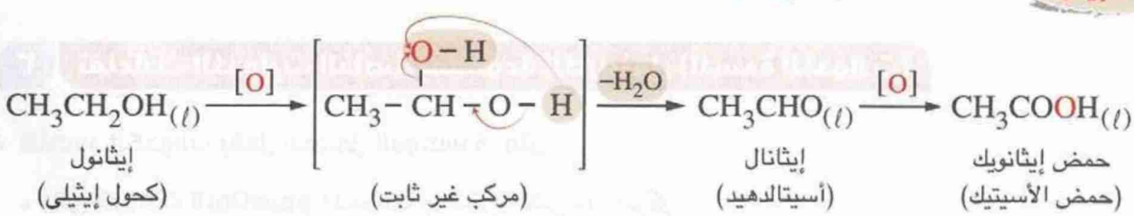
الخطوة الثانية تتأكسد ذرة الهيدروچين الأخرى ليتكون **حمض كربوكسيلى**



- **ويمكن إجمال ما سبق فى المخطط التالى :**

كحول أولى ⇄ (أكسدة / اختزال) الدهيد ⇄ (أكسدة / اختزال) حمض عضوى (كربوكسيلى)

تطبيق الأكسدة المستمرة للإيثانول.



أداء ذاتي

وضح بمعادلة رمزية كيفية الحصول على مركب يحتوى على المجموعة الوظيفية (COOH –) من مركب يحتوى على المجموعة الوظيفية (OH –).

....

....

نشاط عملى أكسدة الإيثانول

الأدوات و المواد المستخدمة

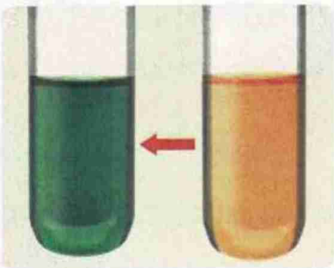
- أنبوبة اختبار سعة 10 mL
- حمام مائى.
- إيثانول.
- محلول ثانى كرومات البوتاسيوم المحمضة بحمض الكبريتيك المركز (محلول برتقالى اللون).

الخطوات

1. ضع 3 mL من الإيثانول فى أنبوبة الاختبار.
2. أضف إلى الإيثانول كمية مماثلة من محلول ثانى كرومات البوتاسيوم المحمضة بحمض الكبريتيك المركز.
3. سخن خليط التفاعل فى الحمام المائى لمدة 10 min ... **ماذا تلاحظ؟**

الملاحظات

- تغير لون المحلول من البرتقالى إلى الأخضر.
- تصاعد رائحة الخل من خليط التفاعل.



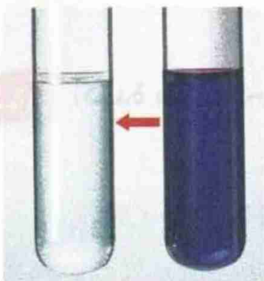
يتحول اللون من البرتقالى إلى الأخضر بعد التسخين فى الحمام المائى

الاستنتاج

يتأكسد الإيثانول بفعل محلول ثانى كرومات البوتاسيوم المحمضة بحمض الكبريتيك المركز إلى حمض الإيثانويك المميز برائحة الخل.

ملحوظة

عند تكرار النشاط السابق مع تغيير العامل المؤكسد بمحلول برمنجنات البوتاسيوم المحمضة بحمض الكبريتيك المركز، يلاحظ زوال لون البرمنجنات البنفسجى



يزول لون البرمنجنات البنفسجى بعد التسخين فى الحمام المائى

الكشف عن تعاطى السائقين للكحوليات

- **يستخدم تفاعل أكسدة الإيثانول بمحلول** ثانى كرومات البوتاسيوم المحمضة بحمض الكبريتيك المركز **فى الكشف عن تعاطى السائقين للمشروبات الكحولية، كالتالى :**

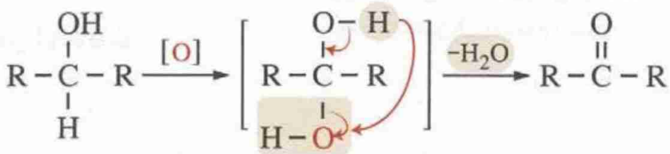


اختبار الكشف عن تعاطى المشروبات الكحولية

- **يسمح للسائق بنفخ بالون من** خلال أنبوبة بها مادة سيليكاچل مشبعة بمحلول ثانى كرومات البوتاسيوم المحمضة بحمض الكبريتيك المركز.
- **يترك البالون ليخرج منه هواء زفير السائق** من خلال الأنبوبة، فإذا كان السائق من متعاطى الكحوليات (الخمور)، يتغير لون ثانى كرومات البوتاسيوم داخل الأنبوبة من اللون **البرتقالى** إلى اللون **الأخضر**.

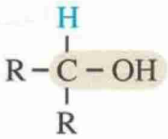
أكسدة الكحولات الثانوية

- نظراً لاتصال مجموعة الكاربينول فى الكحولات الثانوية **بذرة هيدروچين واحدة**، فإن عملية الأكسدة تتم على خطوة واحدة مكونة كيتون.



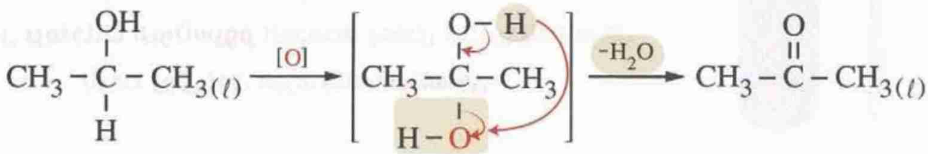
كحول ثانوى — (مركب غير ثابت) — كيتون

تتصل مجموعة الكاربينول فى **الكحولات الثانوية بذرة هيدروچين واحدة**



كحول ثانوى ⟵ أكسدة ⟵ **كيتون**

تطبيق أكسدة مركب 2- بروبانول (كحول ثانوى).



2- بروبانول (كحول أيزوبروبيلى) — (مركب غير ثابت) — بروبانون (أسيتون)

أداء ذاتي

وضح بمعادلة رمزية كيفية الحصول على مركب يحتوى على المجموعة ($>C=O$) من مركب يحتوى على المجموعة ($>CHOH$).

....

....

ملحوظة

لا تتأكسد الكحولات الثالثية بالعوامل المؤكسدة العادية،
لعدم ارتباط مجموعة الكاربينول فى الكحولات الثالثية بذرات هيدروچين

شاهد الفيديو

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: إيجاد العلاقة بين المركبات العضوية مثل الألدهيدات والكيتونات والأحماض العضوية.

العبارات الآتية ربما تصف الألدهيدات والكيتونات :

(1) يسهل اختزالها إلى كحولات. (2) يسهل أكسدتها إلى أحماض عضوية. (3) تعتبر أيزومرات لبعضها.

أى مما يلى يعتبر مناسبًا للألدهيدات والكيتونات التى تحتوى على نفس العدد من ذرات الكربون ؟

الاختيارات	العبارة (1)	العبارة (2)	العبارة (3)
ⓐ	✓	✗	✓
ⓑ	✗	✓	✗
ⓒ	✗	✓	✓
ⓓ	✓	✗	✗

فكرة الحل :

∵ يسهل اختزال الألدهيدات إلى كحولات أولية والكيتونات إلى كحولات ثانوية.

$$CH_3CHO_{(l)} + H_{2(g)} \longrightarrow C_2H_5OH_{(l)}$$

أسيتالدهيد → إيثانول (كحول أولى)

$$CH_3-\overset{\overset{\large O}{\|}}{C}-CH_{3(l)} + H_{2(g)} \longrightarrow CH_3-\underset{\underset{\large OH}{|}}{\overset{\overset{\large H}{|}}{C}}-CH_{3(l)}$$

أسيتون → 2- بروبانول (كحول ثانوى)

∴ يستبعد الاختيارين ⓑ ، ⓒ

∵ يسهل أكسدة الألدهيدات إلى أحماض عضوية، بينما يصعب أكسدة الكيتونات.

كما أن الألدهيدات والكيتونات التى تحتوى على نفس العدد من ذرات الكربون تعتبر أيزومرات لبعضها كما فى مركبى C_2H_5CHO ، CH_3COCH_3 (لها نفس الصيغة الجزيئية C_3H_6O).

∴ يستبعد الاختيار ⓓ

الحل : الاختيار الصحيح : ⓐ

٤ تفاعلات الكحولات الخاصة بالجزىء كله (تفاعل نزع جزىء ماء من الكحول)

- **تتفاعـل الكحولات مع حمض الكبريتيك المركز، ويتوقف ناتج التفاعل على :**
  - عدد جزيئات الكحول المتفاعلة.
  - درجة حرارة التفاعل.

- **تطبيق** تفاعل الإيثانول مع حمض الكبريتيك المركز.

عند درجة حرارة

$180^\circ C$	$140^\circ C$
ينتزع جزىء ماء من كل جزىء كحول	ينتزع جزىء ماء من كل جزيئين من الكحول
ليتكون	ليتكون
جزىء إيثين	**جزىء إثير ثنائى الإيثيل**
$C_2H_5OH_{(l)} \xrightarrow[180^\circ C]{conc\ H_2SO_4} C_2H_{4(g)} + H_2O_{(v)}$	$2C_2H_5OH_{(l)} \xrightarrow[140^\circ C]{conc\ H_2SO_4} C_2H_5OC_2H_{5(g)} + H_2O_{(v)}$
إيثانول → إيثين	إيثانول → إثير ثنائى الإيثيل

أداء ذاتى

اكتب المعادلة الرمزية الدالة على تفاعل الإيثانول مع حمض الكبريتيك المركز عند درجة حرارة $80^\circ C$

....

ملحوظة

عند نزع الماء من جزىء كحول ثانوى، فإن هيدروچين الماء يكون مصدره ذرة الكربون المجاورة لمجموعة الكاربينول التى تحمل العدد الأقل من ذرات الهيدروچين

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: التعرف على التفاعلات المميزة للكحولات.

١ يستخدم محلول ثانى كرومات البوتاسيوم المحمض بحمض الكبريتيك المركز فى الكشف عن كل مما يأتى، عدا ....

Ⓐ SO_2 Ⓑ C_2H_5OH Ⓒ CH_3CHO Ⓓ CO_2

فكرة الحل :

∵ عند تعرض ورقة مبللة بمحلول ثانى كرومات البوتاسيوم المحمض بحمض الكبريتيك المركز لغاز ثانى أكسيد الكبريت المتصاعد فإنها تخضَر، لتكون مادة كبريتات الكروم (III) (خضراء اللون).

$$K_2Cr_2O_{7(aq)} + 3SO_{2(g)} + H_2SO_{4(aq)} \longrightarrow K_2SO_{4(aq)} + Cr_2(SO_4)_{3(aq)} + H_2O_{(l)}$$

∴ يستبعد الاختيار Ⓐ

∵ محلول ثانى كرومات البوتاسيوم المحمض بحمض الكبريتيك المركز يستخدم فى أكسدة كل من الإيثانول والأسيتالدهيد، حيث يتغير لون ثانى كرومات البوتاسيوم من اللون البرتقالى إلى اللون الأخضر.

∴ يستبعد الاختيارين ⓑ ، ⓒ

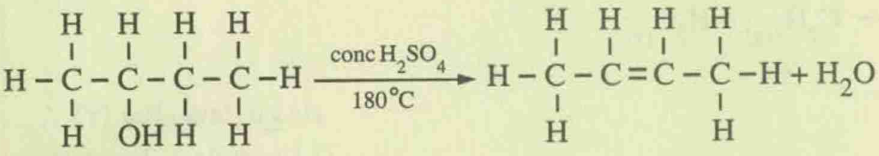
◂ **الحل : الاختيار الصحيح : ⓓ**

---

٢ الناتج الرئيسى من تسخين 2- بيوتانول مع حمض الكبريتيك المركز (at 180°C) ....

ⓐ 1- بيوتين. ⓑ 2- بيوتين. ⓒ 1- بيوتاين. ⓓ 2- بيوتاين.

◂ **فكرة الحل :**



2- بيوتانول ... 2- بيوتين

◂ **الحل : الاختيار الصحيح : ⓑ**

---

٣ ما المادة التى تتفاعل مع بروميد الإيثيل لتكوين مادة تستخدم فى تحضير غاز الإيثيلين ؟

ⓐ الإيثانول. ⓑ H_2SO_4 مخفف. ⓒ KOH مائية. ⓓ KOH كحولية.

◂ **فكرة الحل :**

∵ بروميد الإيثيل لايتفاعل مع أيًا من الإيثانول أو حمض H_2SO_4 المخفف.

∴ يستبعد الاختيارين ⓐ ، ⓑ

∵ بروميد الإيثيل يتفاعل مع KOH المائية مكونًا الإيثانول الذى يستخدم فى تحضير غاز الإيثيلين.

- $C_2H_5Br_{(l)} + KOH_{(aq)} \xrightarrow{\Delta} C_2H_5OH_{(aq)} + KBr_{(aq)}$
- $C_2H_5OH_{(l)} \xrightarrow[180°C]{\text{conc } H_2SO_4} C_2H_{4(g)} + H_2O_{(v)}$

◂ **الحل : الاختيار الصحيح : ⓒ**

---

٤ فى المخطط المقابل : ما الذى يمثله التفاعلين (X) ، (Y) على الترتيب ؟

$$C_2H_4 \xleftarrow{(Y)} C_2H_6O \xrightarrow{(X)} C_2H_4O_2$$

الاختيارات	التفاعل (X)	التفاعل (Y)
ⓐ	أكسدة	احتراق
ⓑ	تعادل	اختزال
ⓒ	أكسدة	نزع ماء
ⓓ	اختزال	بلمرة

فكرة الحل :

∵ تحول الإيثانول (C_2H_6O) إلى حمض إيثانويك $(C_2H_4O_2)$ يتم بالأكسدة.

$$\underset{\text{كحول إيثيلى}}{CH_3CH_2OH_{(l)}} \xrightarrow[-H_2O]{[O]} \underset{\text{أسيتالدهيد}}{CH_3CHO_{(l)}} \xrightarrow{[O]} \underset{\text{حمض الأسيتيك (حمض إيثانويك)}}{CH_3COOH_{(l)}}$$

∴ (X) يمثل تفاعل أكسدة.

وعليه يتم استبعاد الاختيارين (ب) ، (د)

∵ تحول الإيثانول إلى إيثين يتم بنزع جزىء ماء من كل جزىء كحول.

$$\underset{\text{إيثانول}}{C_2H_5OH_{(l)}} \xrightarrow[180^\circ C]{conc\ H_2SO_4} \underset{\text{إيثين}}{C_2H_{4(g)}} + H_2O_{(v)}$$

∴ (Y) يمثل تفاعل نزع ماء.

وعليه يتم استبعاد الاختيار (أ)

الحل : الاختيار الصحيح : (جـ)

---

٥ من المخطط التالى :

هكسان $\xrightarrow{(X)}$ إيثين $\xrightarrow{\text{هيدرة حفزية}}$ (A) $\xrightarrow{(Y)}$ إيثوكسيد صوديوم

أى مما يأتى يعبر عن كل من العمليتين (X) ، (Y) والمركب (A) ؟

الاختيارات	العملية (X)	المركب (A)	العملية (Y)
(أ)	تكسير حرارى حفزى	إيثانول	أكسدة
(ب)	تكسير حرارى حفزى	إيثانول	استبدال
(جـ)	هدرجة	إيثان	أكسدة
(د)	هدرجة	إيثان	استبدال

فكرة الحل :

∵ عملية تحويل مركب من الألكانات طويلة السلسلة (كالهكسان) إلى جزيئات أصغر وأخف (كالإيثين والبيوتان) تعرف باسم التكسير الحرارى الحفزى.

$$C_6H_{14(l)} \xrightarrow[cat]{\Delta / P} C_2H_{4(g)} + C_4H_{10(g)}$$

∴ يستبعد الاختيارين (جـ) ، (د)

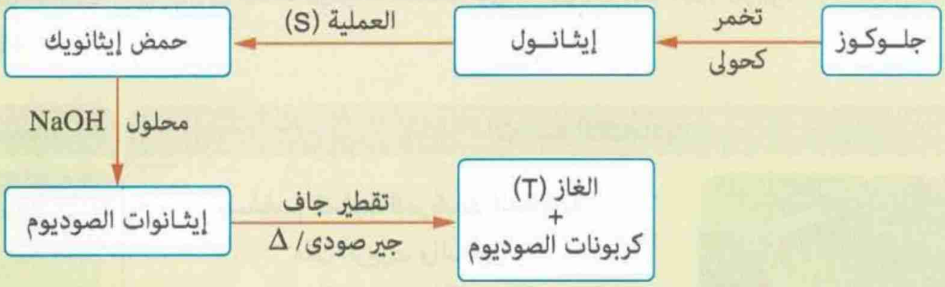
∵ عملية تحويل الإيثانول (المركب A) إلى إيثوكسيد الصوديوم تعرف بعملية الاستبدال.

$$2C_2H_5OH_{(l)} + 2Na_{(s)} \longrightarrow 2C_2H_5ONa_{(s)} + H_{2(g)}$$

∴ يستبعد الاختيار (أ)

الحل : الاختيار الصحيح : (ب)

٦ المخطط الآتى يوضح بعض التفاعلات الكيميائية :



أى مما يأتى يعبر عن كل من العملية (S) و الغاز (T) ؟

الاختيارات	العملية (S)	الغاز (T)
ⓐ	أكسدة	إيثان
ⓑ	أكسدة	ميثان
ⓒ	اختزال	إيثان
ⓓ	إعادة تشكيل محفز	ميثان

فكرة الحـل :

* تحول الإيثانول إلى حمض إيثانويك يمثل عملية أكسدة (العملية S).

$$CH_3CH_2OH_{(l)} \xrightarrow[-H_2O]{[O]} CH_3CHO_{(l)} \xrightarrow{[O]} CH_3COOH_{(l)}$$

كحول إيثيلى — أسيتالدهيد — حمض الأسيتيك (حمض إيثانويك)

وعليه يستبعد الاختيارين ⓒ ، ⓓ

* التقطير الجاف لإيثانوات الصوديوم اللامائية فى وجود الجير الصودى يُكوِّن غاز الميثان (الغاز T).

$$CH_3COONa_{(s)} + NaOH_{(s)} \xrightarrow[\Delta]{CaO} CH_{4(g)} + Na_2CO_{3(s)}$$

أسيتات الصوديوم — الميثان

الحـل : الاختيار الصحيح : ⓑ

الأهمية الاقتصادية للكحولات

نستعرض **الأهمية الاقتصادية** لثلاثة مركبات مختلفة من الكحولات تبعًا **لعدد مجموعات الهيدروكسيل فيها**، كالتالى :

الكحول	الأهمية الاقتصادية	
الكحول الإيثيلى (كحول أحادى الهيدروكسيل)	يستخدم **كمذيب** للمركبات العضوية مثل الزيوت والدهون وفى الصناعات الكيميائية مثل صناعة الأدوية والطلاء والورنيش	
	يستخدم فى محاليل تعقيم الفم والأسنان عن طريق المضمضة **كمادة مطهرة**، لقدرته على قتل الميكروبات	
	يستخدم فى صناعة **الروائح العطرية**	
	يستخدم **كوقود للسيارات** – بعد خلطه بالجازولين – فى بعض البلدان كالبرازيل	
	يدخل فى تكوين **الكحول المحول** الذى يستخدم كوقود منزلى وفى بعض الصناعات الكيميائية	
	تملأ به الترمومترات التى تقيس درجات الحرارة المنخفضة (حتى $-50^\circ C$) وذلك لانخفاض درجة تجمده ($-110.5^\circ C$)	

- **يستخدم الإيثانول فى صناعة المشروبات الكحولية (الخمور)، ولهذه المشروبات أضرار جسيمة على صحة الإنسان، مثل :**
  - تليف الكبد.
  - سرطان المعدة والمرىء.

الكحول	الأهمية الاقتصادية	
الإيثيلين جليكول (1 ، 2 – ثنائى هيدروكسى إيثان) (كحول ثنائى الهيدروكسيل)	يستخدم فى **مبردات السيارات** فى المناطق الباردة كمادة مانعة للتجمد	
	يستخدم فى **سوائل الفرامل الهيدروليكية وأحبار الأقلام الجافة وأحبار الطباعة،** للزوجته العالية	
	يستخدم فى تحضير **ألياف الداكرون**	
	يستخدم فى تحضير **البوليمر** المعروف باسم بولى إيثيلين جليكول (PEG) الذى يدخل فى صناعة **أفلام التصوير** و **شرائط التسجيل**	
الجليسرول (1 ، 2 ، 3 – ثلاثى هيدروكسى بروبان) (كحول ثلاثى الهيدروكسيل)	يستخدم كمادة **مرطبة للجلد** فى مستحضرات التجميل والكريمات	
	يدخل فى صناعة **النسيج،** لأنه يكسب الأقمشة المرونة والنعومة	

- **نيترة الجليسرول** بواسطة **خليط من حمضى النيتريك و الكبريتيك المركزين** تعطى **مركب ثلاثى نيتروجليسرين (نيتروجليسرول).**

$$\begin{array}{l} CH_2-OH \\ | \\ CH\ \ -OH \\ | \\ CH_2-OH_{(l)} \end{array} + 3HNO_{3(l)} \xrightarrow[\Delta]{conc\ H_2SO_4} \begin{array}{l} CH_2-ONO_2 \\ | \\ CH\ \ -ONO_2 \\ | \\ CH_2-ONO_{2(l)} \end{array} + 3H_2O_{(v)}$$

$3HO-NO_2$

جليسرول — ثلاثى نيتروجليسرين

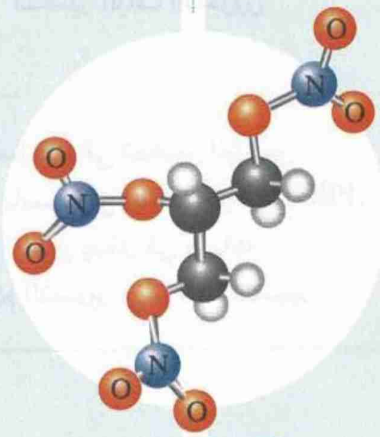
يستخدم مركب ثلاثى نيتروجليسرين فى :

- أدوية توسيع الشرايين المستخدمة فى علاج الأزمات القلبية



- صناعة المتفجرات





ثلاثى نيتروجليسرين

أداء ذاتى

اذكر أنواع مجموعات الكاربينول الموجودة فى الجليسرول،

وما ناتج أكسدة هذه المجموعات ؟

....

....

....

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: التعرف على الأهمية الاقتصادية للكحولات.

١ ما المادة التى يؤدى إضافتها إلى الماء النقى إلى عدم تكون بللورات الثلج عند انخفاض درجة الحرارة إلى $0^{\circ}C$ ؟

(أ) الفورمالدهيد.

(ب) الجليسرول.

(جـ) الإيثان.

(د) الأسيتون.

◂ **فكرة الحل :**

ارتباط الماء مع الجليسرول بروابط هيدروجينية يجعل درجة تجمد الماء أقل من $0^{\circ}C$

◂ **الحل :** الاختيار الصحيح : (ب)

٢ المركب (X) عبارة عن سائل غليظ القوام يذوب فى الماء ويستخدم فى تحضير مركب يستخدم كدواء موسع للأوعية الدموية. ما المركب (X) ؟

(أ) الجليسرول.

(ب) الإيثيلين جليكول.

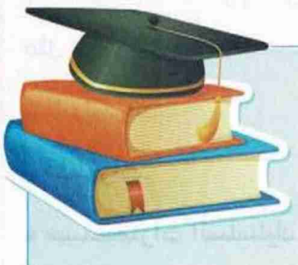
(جـ) ثلاثى نيتروطولوين.

(د) ثلاثى نيتروجليسرين.

◂ **فكرة الحل :**

مركب ثلاثى نيتروجليسرين يستخدم فى توسيع الشرايين القلبية ويتم تحضيره من نيترة الجليسرول.

◂ **الحل :** الاختيار الصحيح : (أ)

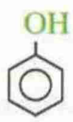
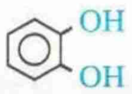
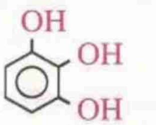


الفينــولات

- تعتبر **الفينولات** مشتقات هيدروكربونية أروماتية تتصل فيها مجموعة هيدروكسيل أو أكثر مباشرةً بذرات كربون حلقة البنزين.

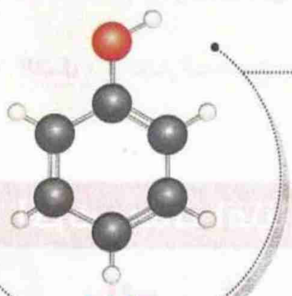
تصنيف الفينولات

- **يمكن تصنيف الفينولات، كما يتضح من الجدول التالى :**

	فينولات أحادية الهيدروكسيل	فينولات ثنائية الهيدروكسيل	فينولات ثلاثية الهيدروكسيل
مثـــال			
تسمية الأيوباك	• هيدروكسى بنزين. • فينول.	2،1– ثنائى هيدروكسى بنزين	3،2،1– ثلاثى هيدروكسى بنزين
تسميات أخرى	حمض الكربوليك	كاتيكول	بيروجالول

- **وسوف نتناول بالدراسة مركب الفينول كمثال للفينولات.**

الفينول (حمض الكربوليك)



الفينول

- الفينول مركب عضوى له أهمية صناعية كبيرة، **لاستخدامه** كمادة أولية فى تحضير كثير من المنتجات،

مثل :

- البوليمرات.
- الأصباغ.
- المطهرات.
- حمض البكريك.
- مستحضرات السلسليك (كالأسبرين).

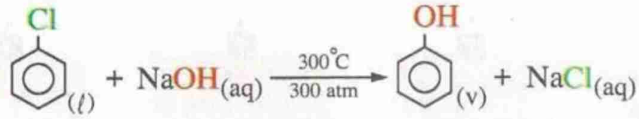
طرق تحضير الفينول

١ من قطران الفحم

يُحضر الفينول **بالتقطير التجزيئى** لقطران الفحم.

٢ التحلل المائى للمركبات الهالوچينية الأروماتية فى وسط قلوى

يُحضر الفينول **بالتحلل المائى** لمركب كلوروبنزين فى وسط قلوى فى درجة حرارة مرتفعة $300^\circ C$ وتحت ضغط عال 300 atm



كلوروبنزين فينول

أداء ذاتى

(١) وضح بالمعادلات الرمزية كيفية الحصول على الفينول من بنزوات الصوديوم.

....

....

....

....

....

(٢) رتب الخطوات الآتية للحصول على الفينول من كربيد الكالسيوم :

- تحلل مائى فى وسط قلوى.
- هلجنة.
- تنقيط ماء.
- بلمرة حلقية.

....

الخواص العامة للفينول

تتناول الخواص العامة للفينول كل من :



أولًا الخواص الفيزيائية للفينول

١ **الحالة الفيزيائية :** مادة صلبة كاوية للجلد.

٢ **الرائحة :** ذو رائحة نفاذة مميزة.

٣ **درجة الانصهار :** ينصهر الفينول عند $43^\circ C$

٤ **الذوبان فى الماء :** شحيح الذوبان فى الماء، ويزداد ذوبانه برفع درجة الحرارة، ويمتزج تمامًا بالماء عند $65^\circ C$



بللورات الفينول الصلبة وردية اللون

ثانيًا الخواص الكيميائية للفينول

يسلك الفينول مسلك الكحولات فى بعض التفاعلات الكيميائية، إلا أن بعض تفاعلاته تختلف تمامًا عن تفاعلات الكحولات.

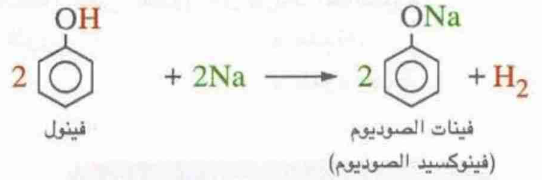
بعض الخواص الكيميائية للفينول

- الخواص الكيميائية للفينول مقارنةً بالكحول
  - ١ حامضية الفينول
  - ٢ تفاعل الفينول مع الأحماض الهالوجينية
- ٣ نيترة الفينول
- ٤ تفاعل الفينول مع الفورمالدهيد

١ حامضية الفينول مقارنةً بحامضية الكحول

شاهد الفيديو

- يتشابه الفينول مع الكحول فى احتواء كل منهما على مجموعة الهيدروكسيل $(-OH)$
- وقطبية الرابطة $(\overset{\delta-}{O}-\overset{\delta+}{H})$ تكسب كلًا من الفينول و الكحول صفة حامضية تظهر فى تفاعلهما مع الفلزات القوية مثل الصوديوم وتصاعد غاز الهيدروچين.

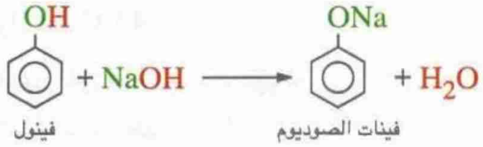


$$2C_2H_5OH + 2Na \longrightarrow 2C_2H_5ONa + H_2$$

إيثانول → إيثوكسيد الصوديوم

- حامضية الفينول - رغم ضعفها - أقوى من حامضية الكحول، لأن حلقة البنزين فى الفينول، تزيد من طول الرابطة $(O-H)$ وتضعفها، وبالتالى يسهل انفصال أيون الهيدروچين، لذا يعتبر الفينول حمض ويسمى بحمض الكربوليك ويستدل على قوة حامضية الفينول مقارنة بحامضية الكحول، من قدرة الفينول على التفاعل مع القواعد القوية مثل هيدروكسيد الصوديوم وهو ما لا يقدر عليه الكحول.

قيم pH لمحاليل الفينول المختلفة أقل من 7 (تتراوح ما بين 5 : 6)



◄ ويمكن تلخيص ما سبق فى الجدول التالى :

التفاعل مع	الفينول Ar – OH	الكحول R – OH
الصوديوم	$Ar-ONa + H_2$	$R-ONa + H_2$
هيدروكسيد الصوديوم	$Ar-ONa + H_2O$	لا يحدث تفاعل

أداء ذاتى

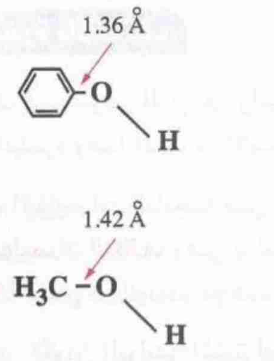
رتب المواد الآتية تصاعديًا تبعًا لقيمة pOH لمحاليلها المائية :

- فينوكسيد الصوديوم.
- الفينول.
- أسيتات الأمونيوم.

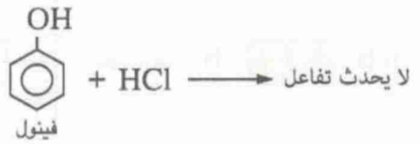
....

٢ تفاعل الفينول مع الأحماض الهالوچينية

◄ **لا يتفاعل** الفينول **مع** الأحماض الهالوچينية - كحمض الهيدروكلوريك على عكس الكحول، **لأن** اتصال مجموعة الهيدروكسيل بحلقة البنزين فى الفينول يؤدى إلى قصر الرابطة (C – O) بين ذرة كربون حلقة البنزين وذرة أكسچين مجموعة الهيدروكسيل، مما يزيد من قوتها، لذا لا يمكن نزع مجموعة الهيدروكسيل من الفينول عند إضافة الأحماض الهالوچينية إليها بعكس الكحول.



طول الرابطة (C – O) فى الفينول أقصر مما فى الميثانول (للإيضاح فقط)

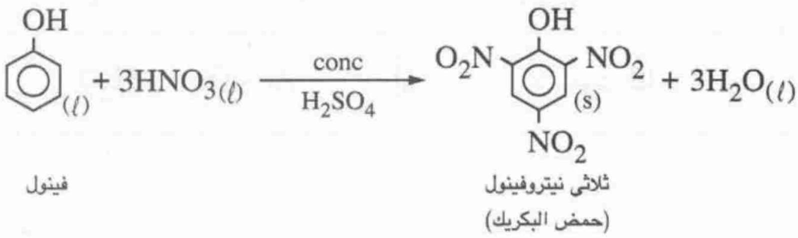


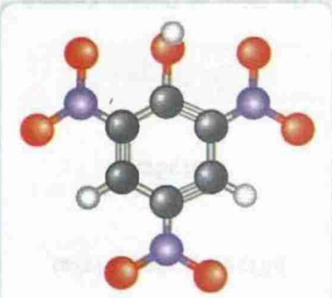
$$C_2H_5OH_{(l)} + HCl_{(l)} \xrightarrow{ZnCl_2} C_2H_5Cl_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

إيثانول ← → كلوريد الإيثيل

٣ نيترة الفينول

- **يتفاعل الفينول مع** حمض النيتريك المركز **فى وجود** حمض الكبريتيك المركز **مكونًا** مركب ثلاثى نيتروفينول **والمعروف تجاريًا** باسم **حمض البكريك**.





جزىء حمض البكريك (6، 4، 2 – ثلاثى نيتروفينول)



حمض البكريك يدخل فى التركيب الكيميائى لمنقار طائر النورس وهو المسئول عن اصفرار لونه

أهمية حمض البكريك

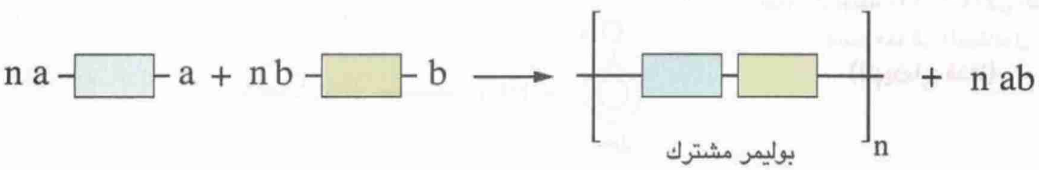
1. **يستخدم كمادة متفجرة.**
2. **يستخدم كمادة مطهرة** لعلاج الحروق وهو يصبغ الجلد **باللون الأصفر** ولا تسـهل إزالته ويبقى عدة أيام إلى أن تتجدد طبقة الجلد الخارجية (البشرة).

البلمرة بالتكاثف

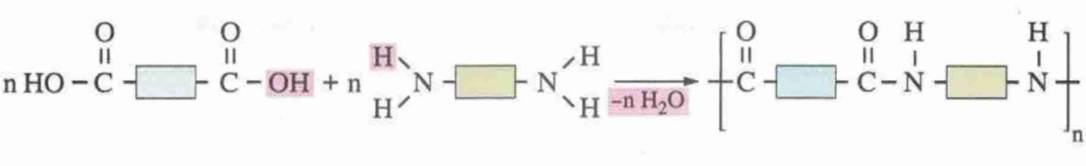
- سبق لك فى الدرس الرابع دراسة طريقتين أساسيتين لعملية البلمرة وهما البلمرة بالإضافة والبلمرة بالتكاثف.
- وتُعرف البوليمرات الناتجة من عملية البلمرة بالتكاثف باسم **بوليمرات التكاثف** وهى بوليمرات مشتركة تنتج عادةً من ارتباط نوعين من المونومر مع فقد جزىء بسيط مثل الماء.

> الجزىء البسيط الذى يُفقد أثناء تكوين البوليمر المشترك ليس بالضرورة أن يكون جزىء ماء، فقد يكون جزىء ميثانول أو غيره

- ويعبر عن **تكوين البوليمر المشترك** الناتج من عملية البلمرة بالتكاثف بالمعادلة التالية :

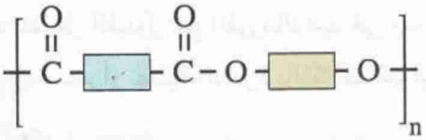


تطبيق عملية بلمرة بالتكاثف.



أداء ذاتى

يُعبر عن أحد البولى إسترات بالشكل البنائى المقابل :



(١) ما طريقة البلمرة المستخدمة فى إنتاج هذا البوليمر ؟

....

(٢) ما الجزىء الصغير الذى يُفقد أثناء تكوين هذا البوليمر ؟

....

(٣) استنتج الصيغة البنائية للمونومرين المستخدمين فى إنتاج هذا البوليمر بإكمال الصيغة البنائية لكل منهما.



....

....

....

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: التعرف على أنواع التفاعلات العضوية المختلفة وكيفية إسهامها فى تحضير العديد من المنتجات المستخدمة فى الحياة اليومية.

من المعادلتين المقابلتين :

- $(1) + HX \longrightarrow RX + H_2O$
- $(2) + HX \longrightarrow RX + R'OH$

أى مما يلى يعبر عن كل من المركبين (1) ، (2) ؟

الاختيارات	المركب (1)	المركب (2)
أ	ROH	ArOH
ب	ROR`	ArOH
ج	ROH	ROR`
د	ROR	ROH

فكرة الحل :

تتفاعل الكحولات والإيثرات مع الأحماض الهالوجينية HX على عكس الفينولات.

$$R-O-H + H-X \longrightarrow R-X + H_2O$$

$$R-O-R' + H-X \longrightarrow R-X + R'-O-H$$

الحل : الاختيار الصحيح : ج

٤ تفاعل الفينول مع الفورمالدهيد

- يتفاعل الفينول مع الفورمالدهيد فى وسط حامضى أو قاعدى لتكوين بوليمر مشترك وباستمرار عملية البلمرة بالتكاثف للبوليمر المشترك الناتج يتكون **بوليمر الباكليت**.

خطوات تكوين بوليمر الباكليت

١ يتفاعل كل جزىء من الفورمالدهيد مع 2 جزىء من الفينول لتكوين جزىء بوليمر مشترك مع فقد جزىء ماء.

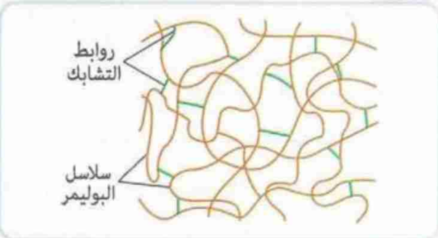
٢ ترتبط جزيئات البوليمر المشترك بالتتابع لتكوين **بوليمر الباكليت**.

خصائص الباكليت

- من أنواع البلاستيك الشبكى.
- لونه بنى قاتم.
- عازل جيد للكهرباء، **لذا** يستخدم فى صناعة الأدوات الكهربية.
- يتحمل درجات الحرارة العالية، **لذا** يستخدم فى صناعة طفايات السجائر.



يستخدم الباكليت فى صناعة الأدوات الكهربية



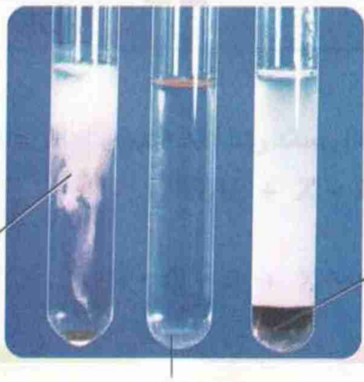
ترتبط سلاسل بوليمر الباكليت ببعضها عن طريق روابط تساهمية تعرف بروابط التشابك cross-linked (شبكة ثلاثية الأبعاد) لذا يعرف نوع هذا البوليمر بالبوليمر الشبكى

الكشف عن الفينول

شاهد الفيديو

يمكن الكشف عن الفينول بطريقتين، هما :

١	٢
إضافة قطرات من محلول كلوريد الحديد (III) إلى محلول مائى من الفينول	إضافة قطرات من مـــاء البـــروم إلى محلول مائى من الفينول
يتكون **لون بنفسجى**	يتكون **راسب أبيض**



أداء ذاتى

ما أثر إضافة كلوريد الحديد (III) إلى كل من :

(١) محلول هيدروكسيد الصوديوم.

....

(٢) محلول الفينول فى الماء.

....

كيف يمكنك التمييز بين الفينول و الإيثانول ؟

التجربة العملية	الفينول	الإيثانول
عند إضافة قطرات من محلول كلوريد الحديد (III) إلى محلول كل منهما	يتكون لون بنفسجى	لا يحدث تفاعل

◂ **وفيما يلى مقارنة بين الفينول و الكحول :**

	الفينول	الكحول
١ الصيغة العامة	Ar – OH	R – OH
٢ التأثير على دليل عباد الشمس	حامضى التأثير	متعادل التأثير
٣ قوة الصفة الحامضية	حلقة البنزين فى الفينول تزيد من طول الرابطة (O – H) فتضعفها، مما يؤدى إلى سهولة انفصال H^+، لذا يتفاعل الفينول مع الصوديوم وهيدروكسيد الصوديوم	مجموعة الألكيل فى الكحول تقلل من طول الرابطة (O – H) فتقويها، مما يؤدى إلى صعوبة انفصال H^+، لذا يتفاعل الكحول مع الصوديوم ولا يتفاعل مع هيدروكسيد الصوديوم

- **وبشكل عام فإن حامضية الفينول الضعيفة أكبر من حامضية الكحول**

٤ التفاعل مع الفلزات القوية	يتفاعل مع الفلزات القوية (مثل الصوديوم) مكونًا فينوكسيد الفلز ويتصاعد غاز الهيدروچين $2Ar-OH + 2Na \longrightarrow 2ArONa + H_2$	يتفاعل مع الفلزات القوية (مثل الصوديوم) مكونًا كوكسيد الفلز ويتصاعد غاز الهيدروچين $2R-OH + 2Na \longrightarrow 2RONa + H_2$
٥ التفاعل مع القواعد القوية	يتفاعل مع القواعد القوية (مثل NaOH) مكونًا فينوكسيد الفلز و ماء $Ar-OH + NaOH \longrightarrow ArONa + H_2O$	لا يتفاعل مع القواعد القوية
٦ التفاعل مع الأحماض الهالوچينية	لا يتفاعل مع الأحماض الهالوچينية	يتفاعل مع الأحماض الهالوچينية (مثل HCl) مكونًا هاليد ألكيل و ماء $R-OH + HCl \xrightarrow{ZnCl_2} R-Cl + H_2O$

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: الكشف عن الكحولات والفينولات والتمييز بينهما.

يمكن التمييز بين الفينول و الإيثانول بكل مما يأتى، عدا ....

Ⓐ ماء البروم. Ⓑ فلز الصوديوم.

Ⓒ دليل عباد الشمس. Ⓓ محلول كلوريد الحديد (III).

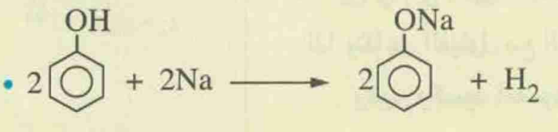
فكرة الحـل :

∵ الفينول يتفاعل مع ماء البروم مكونًا راسب أبيض، بينما الإيثانول لا يتفاعل مع ماء البروم.

∴ يستبعد الاختيار Ⓐ

∵ الصوديوم يتفاعل مع كل من الفينول والإيثانول وتتصاعد فى الحالتين فقاعات من غاز الهيدروچين.

• $2C_2H_5OH + 2Na \longrightarrow 2C_2H_5ONa + H_2$



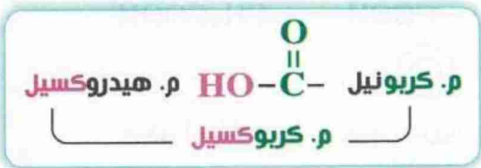
∴ الصوديوم لا يصلح للتمييز بين الفينول والإيثانول.

الحـل : الاختيار الصحيح : Ⓑ

الأحماض الكربوكسيلية

- الأحماض الكربوكسيلية من أكثر المواد العضوية حامضية، إلا أنها ليست أحماضًا قوية كالأحماض المعدنية **مثل :** HCl ، H_2SO_4 ، HNO_3 ، ....

- **المجموعة الوظيفية للأحماض الكربوكسيلية هى :**
مجموعة الكربوكسيل (– COOH) وقد اشتق اسمها من كونها مجموعة مركبة من مجموعتى الكربونيل والهيدروكسيل.



- **الأحماض الكربوكسيلية** هى مجموعة متجانسة من المركبات العضوية، تتميز بوجود مجموعة أو أكثر من مجموعات الكربوكسيل (– COOH)، وهى تعتبر مشتقات للهيدروكربونات الأليفاتية أو الأروماتية.

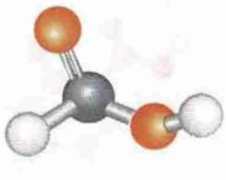
تصنيف الأحماض العضوية على أساس نوعها

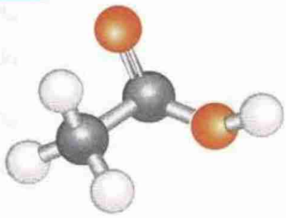
الأحمـــاض العضـــوية

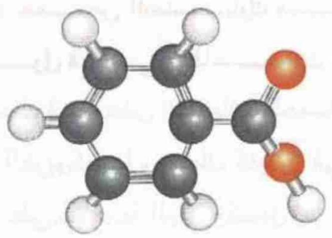
قد تكون:

أحماض اليفاتية	أحماض أروماتية
الصيغة العامة	
R – COOH	Ar – COOH
تتصل فيها مجموعة الكربوكسيل بمجموعة ألكيل (R) «يمكن استبدال مجموعة R بذرة H»	تتصل فيها مجموعة الكربوكسيل بمجموعة أريل (Ar)

أمثلـــة







H – C(=O) – OH
HCOOH
حمض فورميك

CH_3 – C(=O) – OH
CH_3COOH
حمض أسيتيك



(C_6H_5COOH)
حمض بنزويك

تصنيف الأحماض العضوية على أساس قاعدية الحمض

◂ **قاعدية الحمض** هى عدد مجموعات الكربوكسيل الموجودة فى الجزىء الواحد من الحمض العضوى.

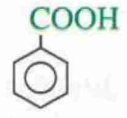
تصنف الأحماض العضوية إلى

أحماض أحادية الكربوكسيل (أحادية القاعدية)

أمثلة:

CH_3COOH

حمض أسيتيك



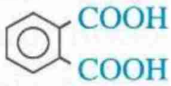
حمض بنزويك

أحماض ثنائية الكربوكسيل (ثنائية القاعدية)

أمثلة:

$$\begin{array}{c}COOH\\|\\COOH\end{array}$$

حمض أكساليك



حمض فثاليك



حمض تيرفثاليك

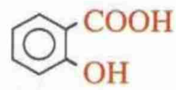
ملحوظة

هناك أحماض عضوية تتضمن مجموعات وظيفية أخرى بالإضافة لمجموعة الكربوكسيل

مثل

الأحماض الهيدروكسيلية: تتضمن مجموعة الهيدروكسيل بالإضافة لمجموعة الكربوكسيل

مثل



حمض سلسليك

$$\begin{array}{ccc}CH_3-&CH&-COOH\\&|&\\&OH&\end{array}$$

حمض لاكتيك

الأحماض الأمينية: تتضمن مجموعة الأمينو بالإضافة لمجموعة الكربوكسيل

مثل

NH_2CH_2COOH

جلايسين

ملحوظة

يسلك حمض السلسليك مسلك الحمض والفينول فى التفاعلات الكيميائية، حيث يسلك فى بعض التفاعلات كحمض لاحتوائه على مجموعة الكربوكسيل، ويسلك كفينول فى تفاعلات أخرى لاحتوائه على مجموعة الهيدروكسيل.



حمض السلسليك

* **يطلق على الأحماض الأليفاتية أحادية الكربوكسيل مصطلح الأحماض الدهنية**، لأن عدد كبير منها يوجد فى الدهون والزيوت على هيئة إسترات مع الجليسرين.

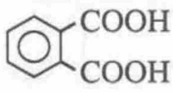
أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: التعرف على أنواع الأحماض الكربوكسيلية.

١ ما وجه التشابه بين كل من حمض الفثاليك وحمض الأكساليك ؟

Ⓐ كلاهما من الأحماض الأليفاتية.
Ⓑ كلاهما من الأحماض الأروماتية.
Ⓒ كلاهما من الأحماض أحادية القاعدية.
Ⓓ كلاهما من الأحماض ثنائية القاعدية.

فكرة الحل :


حمض الفثاليك


حمض الأكساليك

∵ حمض الفثاليك من الأحماض الأروماتية ثنائية القاعدية
وحمض الأكساليك من الأحماض الأليفاتية ثنائية القاعدية.
∴ تستبعد الاختيارات Ⓐ ، Ⓑ ، Ⓒ

الحل : الاختيار الصحيح : Ⓓ

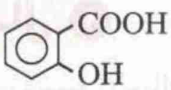
٢ كل من حمض السلسليك و حمض اللاكتيك ....

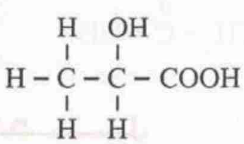
Ⓐ من الأحماض الأليفاتية.
Ⓑ من الأحماض الأروماتية.
Ⓒ يحتوى على نفس العدد من ذرات الأكسجين.
Ⓓ له نفس الصيغة الأولية.

فكرة الحل :

∵ حمض السلسليك من الأحماض الأروماتية،
بينما حمض اللاكتيك من الأحماض الأليفاتية.
∴ يستبعد الاختيارين Ⓐ ، Ⓑ

∵ كل من الحمضين يحتوى على مجموعة $(-COOH)$
ومجموعة $(-OH)$.
∴ كلاهما يحتوى على 3 ذرات أكسجين.


حمض السلسليك


حمض اللاكتيك

الحل : الاختيار الصحيح : Ⓒ

تسمية الأحماض الكربوكسيلية

تسمية الأيوباك	التسمية الشائعة
يبدأ اسم الحمض بكلمة حمض يعقبها اسم الألكان منتهيًا بالخاتمة (– ويك) «أى يكون على وزن حمض ألكانويك»	تسمى الأحماض الكربوكسيلية عادةً بأسماء شائعة مشتقة من الاسم اللاتينى وأحيانًا الإغريقى للمصدر الذى حضرت منه

- ويوضح الجدول الآتى التسمية الشائعة و تسمية الأيوباك لبعض الأحماض الكربوكسيلية :

الحمض الكربوكسيلى	الاسم اللاتينى للمصدر الذى حضر منه الحمض	الاسم الشائع للحمض	الألكان المقابل للحمض	تسمية الأيوباك للحمض
$H-COOH$	Formica النمل (Ant)	حمض فورميك	CH_4 ميثان	حمض ميثانويك
CH_3-COOH	Acetum الخل (Vinegar)	حمض أسيتيك (حمض خليك)	C_2H_6 إيثان	حمض إيثانويك
C_3H_7-COOH	Butyrum الزبد (Butter)	حمض بيوتيريك	C_4H_{10} بيوتان	حمض بيوتانويك
$C_{15}H_{31}-COOH$	Palma النخيل (Palm tree)	حمض بالمتيك	$C_{16}H_{34}$ هكساديكان	حمض هكساديكانويك

- التسمية الشائعة لحمض الميثانويك هى حمض الفورميك، لأن الحمض حضر أول مرة – عام 1670 – من تقطير النمل الأحمر المطحون واسمه باللاتينية Formica

مثال ١

اكتب تسمية الأيوباك للأحماض الكربوكسيلية التالية :

١ $CH_3-CH_2-CH_2-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-OH$

٢ $HO-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-CH_2-\overset{\overset{\displaystyle CH_3}{|}}{CH}-CH_2-CH_3$

الحل

١ حمض بيوتانويك.

٢ 3– ميثيل حمض بنتانويك.

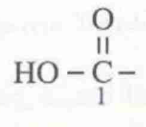
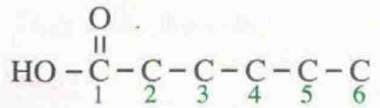
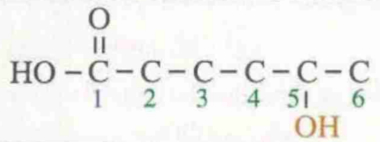
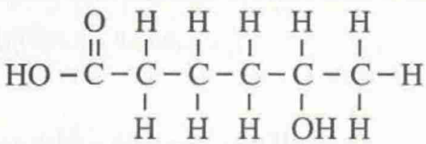
مثال ٢

اكتب الصيغة البنائية لمركب 5 – هيدروكسى حمض هكسانويك.

فكرة الحل

تعتمد فكرة الحل على مهارة تحليل اسم المركب، كما يتضح من المخطط المقابل، ثم تحويل ما تم استنباطه إلى رسم الصيغة البنائية من خلال عدة خطوات، كالتالى :



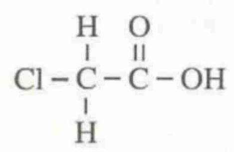
	خطوات الحل	التطبيق
الخطوة الأولى	كتابة مجموعة الكربوكسيل الخاصة بالحمض العضوى وترقم ذرة كربون هذه المجموعة بالرقم 1	
الخطوة الثانية	إضافة 5 ذرات كربون أخرى إلى ذرة الكربون رقم 1 بحيث تصبح السلسلة مكونة من 6 ذرات كربون	
الخطوة الثالثة	إضافة مجموعة هيدروكسيل $(-OH)$ على ذرة الكربون رقم 5	
الخطوة النهائية	إضافة ذرات هيدروجين إلى ذرات الكربون بما يكمل تكافؤها الرباعى	

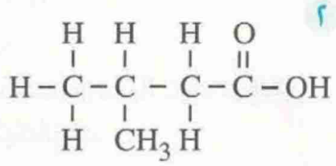
مثال ٣

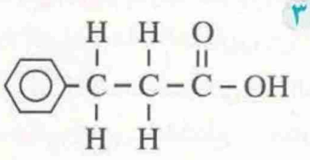
اكتب الصيغة البنائية للأحماض الكربوكسيلية التالية :

١ 2– كلورو حمض إيثانويك.   ٢ 3– ميثيل حمض بيوتانويك.   ٣ 3– فينيل حمض بروبانويك.

الحل

١


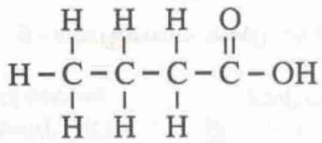
٢


٣


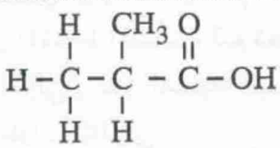
مثال ٤

ارسم الصيغة البنائية لأيزومرين من الأحماض الكربوكسيلية صيغتهما الجزيئية $C_4H_8O_2$ ، مع ذكر تسمية الأيوباك لكل منهما.

الحل



حمض بيوتانويك



2– ميثيل حمض بروبانويك

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: تسمية الأحماض الكربوكسيلية.

١ ما اسم المركب الذى صيغته الكيميائية : $ClCH_2CH_2COOH$ ؟

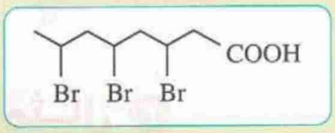
Ⓐ 3 – كلورو حمض البروبانويك.
Ⓑ 1 – كلورو حمض البروبانويك.
Ⓒ 2 – كلورو حمض الإيثانويك.
Ⓓ كلورو حمض السكسنيك.

فكرة الحل :

∵ حمض $ClCH_2CH_2COOH$ مشتق من حمض CH_3CH_2COOH والمعروف باسم حمض البروبانويك.
∴ يستبعد الاختيارين Ⓒ ، Ⓓ
∵ ترقيم ذرات الكربون يبدأ من ذرة كربون مجموعة الكربوكسيل.
∴ الكلور يتفرع من ذرة الكربون رقم 3

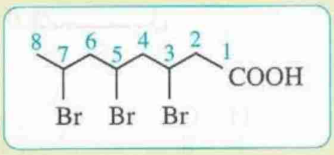
الحل : الاختيار الصحيح : Ⓐ

٢ ما تسمية الأيوباك للمركب المقابل ؟



Ⓐ 3،5،7– ثلاثى برومو حمض الأوكتانويك.
Ⓑ 2،4،6– ثلاثى برومو حمض الهبتانويك.
Ⓒ 3،5،7– ثلاثى برومو حمض الهكسانويك.
Ⓓ 2،4،6– ثلاثى برومو حمض النونانويك.

فكرة الحل :



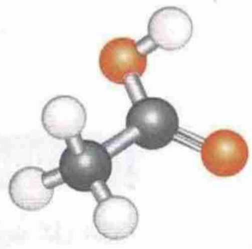
∵ ترقيم ذرات الكربون يبدأ من ذرة كربون مجموعة الكربوكسيل.
∴ يتصل البروم بذرات الكربون أرقام 3،5،7
وعليه يتم استبعاد الاختيارين Ⓑ ، Ⓓ
∵ السلسلة المستقيمة فى هذا المركب تتكون من 8 ذرات كربون.
∴ المركب ينتهى بالمقطع : حمض الأوكتانويك.

الحل : الاختيار الصحيح : Ⓐ

وسوف يُكتفى من الأحماض الكربوكسيلية بدراسة

أولاً
حمض الأسيتيك

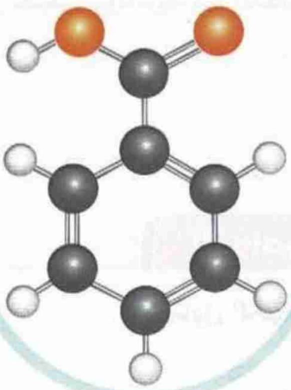
كمثال للأحماض **الأليفاتية** أحادية الكربوكسيل



CH_3COOH
حمض الأسيتيك

ثانيا
حمض البنزويك

كمثال للأحماض **الأروماتية** أحادية الكربوكسيل



C_6H_5COOH
حمض البنزويك

أولاً حمض الأسيتيك (حمض الإيثانويك) CH_3COOH

طرق تحضير حمض الأسيتيك

يتم تحضيره فى الصناعة بطريقتين، هما :

1. الطريقة الحيوية
2. من الأسيتيلين

١ تحضير حمض الأسيتيك فى الصناعة بالطريقة الحيوية

- يُحضر الخل (حمض أسيتيك 4%) فى مصر بأكسدة محلول مخفف من الكحول الإيثيلى بواسطة أكسچين الهواء الجوى فى وجود نوع من البكتيريا تُعرف ببكتيريا الخل.

٢ تحضير حمض الأسيتيك فى الصناعة من الأسيتيلين

- يُحضر حمض الأسيتيك بهذه الطريقة على نطاق واسع فى الصناعة، حيث تتم عملية **هيدرة حفزية** للأسيتيلين، فينتج الأسيتالدهيد الذى **يتأكسد** بدوره بسهولة إلى حمض الأسيتيك.

$$\underset{\text{أسيتيلين}}{H-C\equiv C-H_{(g)}} + H_2O_{(l)} \xrightarrow[HgSO_4/60^\circ C]{H_2SO_4(40\%)} \underset{\text{أسيتالدهيد}}{CH_3-CHO_{(l)}} \xrightarrow{[O]} \underset{\text{حمض أسيتيك}}{CH_3COOH_{(l)}}$$

أداء ذاتي وضح بالمعادلات الكيميائية الموزونة :

(١) الهيدرة الحفزية للإيثاين، ثم أكسدة المركب الناتج.

....

....

....

(٢) تحضير حمض بيوتانويك من الكحول المناسب.

....

....

الخواص العامة للأحماض الأليفاتية

تتناول الخواص العامة للأحماض الأليفاتية كل من :

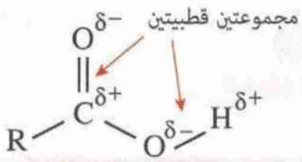
- أولاً: الخواص الفيزيائية
- ثانيًا: الخواص الكيميائية

أولاً الخواص الفيزيائية للأحماض الأليفاتية

تتدرج الخواص الفيزيائية للأحماض العضوية **بزيادة كتلها المولية،**

وتعتمد هذه الخواص على ثلاثة عوامل، هى :

- قطبية مجموعة الكربوكسيل.
- الروابط الهيدروچينية بين جزيئات الحمض وبعضها أو بين جزيئات الحمض وجزيئات الماء.
- عدد ذرات كربون السلسلة الأساسية.



تتكون مجموعة الكربوكسيل من مجموعتى الكربونيل والهيدروكسيل القطبيتين

ويمكن إيضاح ذلك بدراسة ثلاث خواص فيزيائية، هى :

1. الحالة الفيزيائية
2. الذوبانية فى الماء
3. درجة الغليان

١ الحالة الفيزيائية للأحماض الأليفاتية

- تتدرج الحالة الفيزيائية و الرائحة للأحماض الأليفاتية بزيادة كتلها المولية، كما يتضح من الجدول التالى :

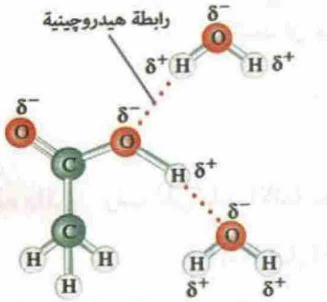
	الأفراد الأربعة الأولى	الأفراد المتوسطة	الأفراد العليا
الحالة الفيزيائية	سوائل كاوية	سوائل زيتية القوام	صلبة
الرائحة	ذات رائحة نفاذة	كريهة الرائحة	عديمة الرائحة

٢ ذوبانية الأحماض الأليفاتية فى الماء

- تقل ذوبانية الأحماض الأليفاتية فى الماء بزيادة كتلها المولية، كما يتضح من الجدول التالى :

الأفراد الأربعة الأولى	الأفراد المتوسطة	الأفراد العليا
تامة الذوبان فى الماء	شحيحة الذوبان فى الماء	غير قابلة للذوبان فى الماء

- وترجع الذوبانية التامة للأفراد الأربعة الأولى إلى قطبيتها وقدرتها على تكوين روابط هيدروجينية مع الماء.



يرجع ذوبان حمض الأسيتيك فى الماء إلى تكوين روابط هيدروجينية مع الماء

أداء ذاتى

قارن بين الأفراد الأربعة الأولى فى كل من الألكانات و الأحماض الأليفاتية، من حيث :

- الحالة الفيزيائية.
- القطبية.
- الذوبان فى الماء.

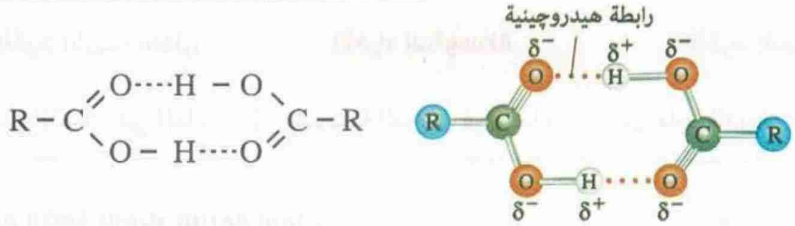
	الحالة الفيزيائية	القطبية	الذوبان فى الماء
الألكانات	....	....	....
الأحماض الأليفاتية	....	....	....

٣ درجة غليان الأحماض الأليفاتية

◂ **عند مقارنة درجة غليان الحمض الكربوكسيلى بدرجة غليان الكحول المساوى له فى عدد ذرات الكربون أو فى الكتلة المولية**

– كما يتضح من الجدول المقابل – نجد أن درجة غليان الحمض الكربوكسيلى تكون هى الأعلى، **لارتباط** كل جزىء من الحمض الكربوكسيلى برابطتين هيدروچينيتين مع الجزىء الآخر وهو ما يكسبه ثباتًا بالمقارنة بالكحول الذى يرتبط كل جزيئين منه برابطة هيدروچينية واحدة.

المركبات	الكتلة المولية (g/mol)	درجة الغليان (°C)
HCOOH حمض الفورميك	46	100
C_2H_5OH الإيثانول	46	78.5
CH_3COOH حمض الأسيتيك	60	118
$CH_3CH_2CH_2OH$ 1– بروبانول	60	97.8



يرتبط كل جزيئين من الحمض الكربوكسيلى برابطتين هيدروچينيتين

من خلال مجموعتى $-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-$ و $-OH$

أداء ذاتى رتب المركبات الآتية تنازليًا حسب قطبيتها ودرجة غليانها :

• CH_3COOH • C_2H_6 • CH_3OH

....

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: التعرف على الخواص (الفيزيائية) للأحماض الكربوكسيلية (الأليفاتية).

١ كل مما يأتى يُعبر عن خواص الأحماض الأليفاتية، عدا ....

الاختيارات	الحمض الأليفاتى	خواصه الفيزيائية
ⓐ	الحمض $C_3H_4O_2$ (W)	سائل عديم اللون، ذو رائحة نفاذة، يذوب فى الماء
ⓑ	الحمض $C_5H_{10}O_2$ (X)	سائل زيتى القوام عديم اللون، ذو رائحة كريهة
ⓒ	الحمض CH_2O_2 (Y)	غاز سام عديم اللون، ذو رائحة نفاذة
ⓓ	الحمض $C_{11}H_{22}O_2$ (Z)	بللورات صلبة بيضاء اللون، تطفو على سطح الماء

◄ **فكرة الحل :**

* الحمض (W) : $CH_2=CHCOOH$ هو أول فرد فى سلسلة الأحماض الأليفاتية غير المشبعة.

∵ الأفراد الأربعة الأولى من الأحماض الأليفاتية تتميز بأنها سوائل كاوية ذات رائحة نفاذة، وتامة الذوبان فى الماء.

∴ يستبعد الاختيار (أ)

* الحمض (X) : $CH_3CH_2CH_2CH_2COOH$ هو من الأفراد المتوسطة فى الأحماض الأليفاتية.

∵ الأفراد المتوسطة تتميز بأنها سوائل زيتية القوام وكريهة الرائحة.

∴ يستبعد الاختيار (ب)

∵ الحمض (Y) : HCOOH هو أول فرد فى سلسلة الأحماض الأليفاتية المشبعة.

∴ يتميز هذا الحمض بأنه سائل (وليس غاز).

◄ **الحل :** الاختيار الصحيح : (ج)

٢ ما درجتى غليان كل من مركب 1– بروبانول و مركب حمض البروبانويك ؟

الاختيارات	درجة غليان 1– بروبانول	درجة غليان حمض البروبانويك
(أ)	97°C	141.2°C
(ب)	141.2°C	97°C
(ج)	100°C	95°C
(د)	120°C	120°C

◄ **فكرة الحل :**

∵ درجة غليان الكحول أقل من درجة غليان الحمض العضوى الذى يحتوى على نفس العدد من ذرات الكربون.

∴ درجة غليان 1– بروبانول (97°C) أقل من درجة غليان حمض البروبانويك (141.2°C).

◄ **الحل :** الاختيار الصحيح : (أ)

ثانيا الخواص الكيميائية للأحماض الأليفاتية

◄ **تصنف التفاعلات الكيميائية للأحماض الأليفاتية، كما يتضح من المخطط التالى :**

تفاعلات الأحماض الأليفاتية

١ تفاعلات خاصة **بذرة هيدروجين مجموعة الهيدروكسيل**

$R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O \nmid H$

٢ تفاعلات خاصة **بمجموعة الهيدروكسيل**

$R-\overset{\overset{O}{\|}}{C} \nmid O-H$

٣ تفاعلات خاصة **بمجموعة الكربوكسيل**

$R \nmid \overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-H$

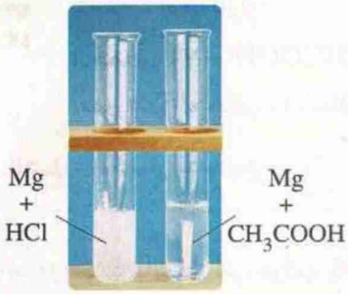
١ تفاعلات الأحماض الأليفاتية الخاصة بذرة هيدروچين مجموعة الهيدروكسيل (تفاعلات الخاصية الحامضية)

تظهر الخاصية الحامضية فى الأحماض الأليفاتية فى تفاعلها مع :

أ	ب	ج	د
الفلـــزات	أكاسيد الفلزات	هيدروكسيدات الفلزات	أملاح الكربونات أو البيكربونات

مكونة ملح الحمض

أ تفاعل الأحماض الأليفاتية مع الفلزات



تفاعل الماغنسيوم مع حمض الأسيتيك أضعف من تفاعله مع حمض الهيدروكلوريك

- يتفاعل حمض الأسيتيك مع الفـلـزات التى تسـبق الهيدروچين فــى سلســلة الجهــود الكهــربية كفلــز الماغنســيوم **مكونًا ملح الحمض ويتصاعد غاز الهيدروچين**.

$$\underset{\text{حمض أسيتيك}}{2CH_3COOH_{(aq)}} + Mg_{(s)} \longrightarrow \underset{\text{أسيتات ماغنسيوم}}{(CH_3COO)_2Mg_{(aq)}} + H_{2(g)}$$

أداء ذاتى

أى المواد الآتية لا تتفاعل مع الصوديوم ؟ مع تفسير إجابتك.

- C_2H_5OH
- CH_3OCH_3
- CH_3COOH
- C_6H_5OH

....

....

ب تفاعل الأحماض الأليفاتية مع أكاسيد الفلزات

- يتفاعل حمض الأسـيتيك مع أكاسيد الفلزات **مكونًا ملح الحمض و ماء**.

$$\underset{\text{حمض أسيتيك}}{2CH_3COOH_{(aq)}} + CaO_{(s)} \longrightarrow \underset{\text{أسيتات كالسيوم}}{(CH_3COO)_2Ca_{(aq)}} + H_2O_{(l)}$$

ج تفاعل الأحماض الأليفاتية مع هيدروكسيدات الفلزات

- يتفاعل حمض الأسـيتيك مع هيدروكسيدات الفلزات (القلويات) (تفاعل تعادل) **مكونًا ملح الحمض و ماء**.

$$\underset{\text{حمض أسيتيك}}{CH_3COOH_{(aq)}} + NaOH_{(aq)} \longrightarrow \underset{\text{أسيتات صوديوم}}{CH_3COONa_{(aq)}} + H_2O_{(l)}$$

د تفاعل الأحماض الأليفاتية مع كربونات أو بيكربونات الفلزات



تتصاعد فقاعات من غاز CO_2 عند تفاعل حمض الأسيتيك مع ملح كربونات

- يتفاعل حمض الأسيتيك مع كربونات أو بيكربونات الفلزات مكونًا **ملح الحمض** و **ماء** ويتصاعد **غاز ثانى أكسيد الكربون**.

$$CH_3COOH_{(aq)} + NaHCO_{3(s)} \longrightarrow$$

حمض أسيتيك

$$CH_3COONa_{(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$$

أسيتات صوديوم

أداء ذاتى وضح بالمعادلات الرمزية كيفية الحصول على الميثان من حمض الإيثانويك.

....

....

....

٢ تفاعلات خاصة بمجموعة الهيدروكسيل (تفاعلات تكوين الإسترات)

- تتفاعل الأحماض الأليفاتية مع الكحولات **مكونة إستر** و **ماء**.

$$R-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-OH + H-OR \xrightarrow[H_2SO_4]{conc} R-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-OR + H_2O$$

- **تطبيق** تفاعل حمض الأسيتيك مع الكحول الإيثيلى لتكوين إستر أسيتات الإيثيل وماء.

$$CH_3COOH_{(l)} + C_2H_5OH_{(l)} \xrightarrow[H_2SO_4]{conc} CH_3COOC_2H_{5(aq)} + H_2O_{(l)}$$

حمض أسيتيك — إستر أسيتات الإيثيل

٣ تفاعلات خاصة بمجموعة الكربوكسيل (تفاعلات اختزال الأحماض العضوية)

- تختزل الأحماض الكربوكسيلية بواسطة الهيدروجين فى وجود عامل حفاز مثل كرومات النحاس (II) $CuCrO_4$ عند درجة حرارة $200°C$

$$CH_3COOH_{(aq)} + 2H_{2(g)} \xrightarrow[200°C]{CuCrO_4} C_2H_5OH_{(v)} + H_2O_{(v)}$$

حمض أسيتيك — كحول إيثيلى

- ويعتبر هذا التفاعل عكس تفاعل أكسدة الكحولات الأولية إلى أحماض عضوية.

أداء ذاتى

(١) وضح بالمعادلات الكيميائية كيفية :

(أ) تحويل مجموعة الكربوكسيل بمركب عضوى إلى مجموعة هيدروكسيل.

....

....

(ب) الحصول على مركب عضوى يحتوى على المجموعة الفعالة (–O–) من مركب آخر يحتوى على المجموعة الفعالة (–COOH).

....

....

(٢) أعد ترتيب الخطوات الآتية للحصول على الميثان من السكروز :

- تقطير جاف.
- تعادل.
- تخمر كحولى.
- تحلل مائى.
- أكسدة تامة.

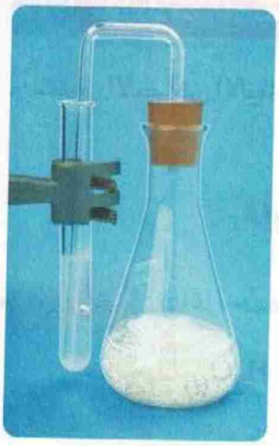
....

الكشف عن حمض الأسيتيك

شاهد الفيديو

١ كشف الحامضية :

عند إضافة حمض الأسيتيك إلى ملح كربونات أو بيكربونات صوديوم، يحدث **فوران** لتصاعد غاز ثانى أكسيد الكربون الذى **يعكر** ماء الجير الرائق.



كشف الحامضية

٢ كشف الأسترة :

تتفاعل الأحماض العضوية مع الكحولات مكونة الإسترات المميزة برائحتها الزكية (روائح الزهور أو الفاكهة تبعًا لنوع الحمض والكحول).

كيف يمكنك التمييز بين حمض الإيثانويك و الإيثانول.

الكشف المعملى	حمض الإيثانويك	الإيثانول
عند إضافة كل منهما إلى ملح بيكربونات صوديوم	يحدث فوران ويتصاعد غاز CO_2 الذى يعكر ماء الجير الرائق	لا يحدث تفاعل

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: التعرف على الخواص (الكيميائية) للأحماض الكربوكسيلية (الأليفاتية).

١ **ما المركب الذى لا يذوب فى حمض الأسيتيك ؟**

ⓐ أكسيد الكالسيوم. ⓑ كربونات الكالسيوم.

ⓒ أكسالات الكالسيوم. ⓓ هيدروكسيد الكالسيوم.

فكرة الحل :

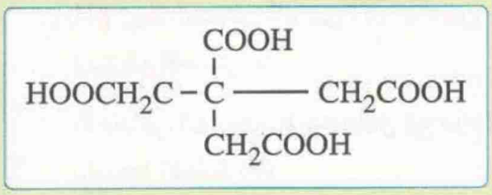
∵ مركبات أكسيد الكالسيوم وكربونات الكالسيوم وهيدروكسيد الكالسيوم مواد قاعدية يتفاعل كل منها مع حمض الأسيتيك.

∴ تستبعد الاختيارات ⓐ ، ⓑ ، ⓓ

الحل : الاختيار الصحيح : ⓒ

---

٢ **ما عدد مـولات غاز الهيدروجـين المتصاعد عند إضافة وفرة من فلز الصوديوم إلى مول واحد من جزيئات المركب المقابل ؟**



ⓐ 1 mol ⓑ 2 mol

ⓒ 3 mol ⓓ 4 mol

فكرة الحل :

∵ هذا المركب يحتوى المول منه على 4 mol من مجموعات الكربوكسيل (COOH−)، وكل مول من الصوديوم يحل محل مول من ذرات هيدروجين مجموعات الكربوكسيل لتكوين 1 mol من ذرات الهيدروجين.

∴ عدد مولات ذرات H الناتجة يساوى 4 mol (عدد مولات جزيئات H_2 يساوى 2 mol).

الحل : الاختيار الصحيح : ⓑ

---

٣ **عند تفاعل حمض البيوتانويك مع الميثانول، يتكون ....**

ⓐ $C_2H_5COOC_2H_5$ ⓑ $C_3H_7COOC_2H_5$

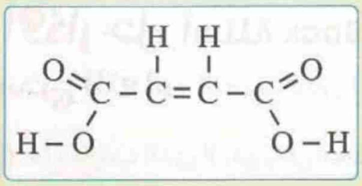
ⓒ $CH_3COOC_3H_7$ ⓓ $C_3H_7COOCH_3$

فكرة الحل :

يعبر عن التفاعل الحادث بين حمض البيوتانويك والميثانول بالمعادلة التالية :

$$C_3H_7COOH + CH_3OH \xrightarrow[H_2SO_4]{conc} C_3H_7COOCH_3 + H_2O$$

الحل : الاختيار الصحيح : ⓓ



④ الشكل المقابل : يوضح الصيغة البنائية لأحد الأحماض الكربوكسيلية.
كل مما يأتى يعتبر صحيحًا بالنسبة لهـذا الحمض، عدا إنه ....

ⓐ يتفاعل مع الهيدروچين بالتسخين فى وجود النيكل كعامل حفاز.

ⓑ قيمة pH له فى محلول مائى تركيزه 1 M تكون أكبر مما لمحلول مائى من HCl له نفس التركيز.

ⓒ يتفاعل محلوله المائى مع ملح كربونات الصوديوم.

ⓓ يمكن أكسدته باستخدام محلول ثانى كرومات البوتاسيوم المحمض.

فكرة الحل :

∵ المركب يحتوى على رابطة مزدوجة بين ذرتى كربون.

∴ يمكن كسر هذه الرابطة بإضافة الهيدروچين.

∴ يستبعد الاختيار ⓐ

∵ هذا المركب يتبع مركبات الأحماض الكربوكسيلية وهى أحماض أضعف من الأحماض المعدنية كحمض HCl

∴ pH لهذا الحمض أكبر من pH لحمض HCl

∴ يستبعد الاختيار ⓑ

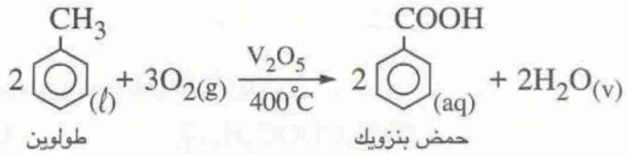
∵ الأحماض الكربوكسيلية تتفاعل مع ملح كربونات الصوديوم فيما يُعرف بكشف الحامضية.

∴ يستبعد الاختيار ⓒ

الحل : الاختيار الصحيح : ⓓ

ثانيًا حمض البنزويك C_6H_5COOH

يُحضر حمض البنزويك بأكسدة الطولوين بالهواء الجوى عند درجة حرارة $400^\circ C$ فى وجود خامس أكسيد الفاناديوم V_2O_5 كعامل حفاز.



أعد ترتيب الخطوات الآتية للحصول على حمض البنزويك من الإيثاين، مع كتابة المعادلات الرمزية المعبرة عن كل خطوة :

- ألكلة.
- أكسدة.
- بلمرة ثلاثية.

الخواص العامة للأحماض الأروماتية

تتناول الخواص العامة للأحماض الأروماتية كل من :



أولاً الخواص الفيزيائية للأحماض الأروماتية

عند مقارنة الأحماض الأروماتية بالأحماض الأليفاتية، نجد أن :

الأحماض الأروماتية **أقوى قليلًا** من الأحماض الأليفاتية **وأقل منها** ذوبانًا فى الماء، **وأقل منها** تطايرًا.

أداء ذاتى

رتب المركبات الآتية تصاعديًا حسب قوة الحامضية :

- حمض الأسيتيك.
- حمض البنزويك.
- حمض الهيدروكلوريك.
- الكحول الإيثيلى.

....

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: التعرف على الخواص (الفيزيائية) للأحماض الكربوكسيلية (الأروماتية).

أى مما يلى يعبر عن التدرج الصحيح فى الصفة الحامضية ؟

ⓐ $C_2H_5OH < C_6H_5OH < C_6H_5COOH < CH_3COOH$

ⓑ $C_2H_5OH < C_6H_5COOH < C_6H_5OH < CH_3COOH$

ⓒ $C_2H_5OH < C_6H_5OH < CH_3COOH < C_6H_5COOH$

ⓓ $C_6H_5OH < C_2H_5OH < CH_3COOH < C_6H_5COOH$

فكرة الحل :

∵ الأحماض الأروماتية (C_6H_5COOH) أقوى قليلًا من الأحماض الأليفاتية (CH_3COOH).

∴ يستبعد الاختيارين ⓐ ، ⓑ

∵ حامضية الفينولات (C_6H_5OH) أقوى من حامضية الكحولات (C_2H_5OH).

∴ يستبعد الاختيار ⓓ

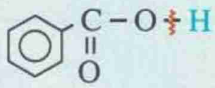
الحل : الاختيار الصحيح : ⓒ

ثانيا الخواص الكيميائية للأحماض الأروماتية

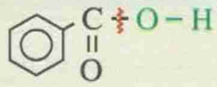
- **تصنف التفاعلات الكيميائية للأحماض الأروماتية، كما يتضح من المخطط التالى :**

تفاعلات الأحماض الأروماتية

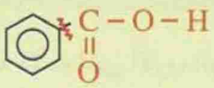
١ تفاعلات خاصة **بذرة هيدروجين مجموعة الهيدروكسيل**



٢ تفاعلات خاصة **بمجموعة الهيدروكسيل**



٣ تفاعلات خاصة **بمجموعة الكربوكسيل** تشبه تلك التى تحدث فى الأحماض الأليفاتية



١ تفاعلات الأحماض الأروماتية الخاصة بذرة هيدروجين مجموعة الهيدروكسيل (تفاعلات الخاصية الحامضية)

تظهر الخاصية الحامضية فى الأحماض الأروماتية فى تفاعلها مع :

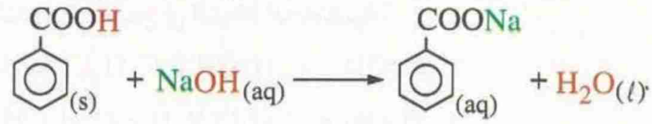
- **الفـلـــزات**
- **هيدروكسيدات الفلزات**
- **كربونات الفلزات**

مكونة ملح الحمض

تفاعلات الأحماض الأروماتية مع هيدروكسيدات الفلزات

- تتفاعل الأحماض الأروماتية مع هيدروكسيدات الفلزات (تفاعل تعادل) **مكونة ملح الحمض و ماء.**

تطبيق يتفاعل حمض البنزويك مع هيدروكسيد الصوديوم مكونًا ملح بنزوات الصوديوم وماء.



حمض بنزويك — بنزوات صوديوم

أداء ذاتى وضح بالمعادلات الرمزية كيفية الحصول على البنزين من الطولوين.

....

....

....

....

....

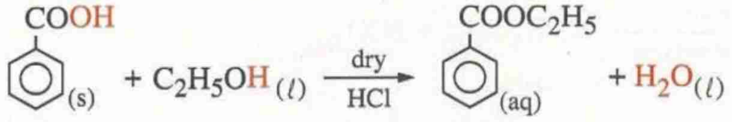
....

....

٢ تفاعلات الأحماض الأروماتية الخاصة بمجموعة الهيدروكسيل (تفاعلات تكوين الإسترات)

- تتفاعل الأحماض الأروماتية مع الكحولات **مكونة إستر و ماء.**

- **تطبيق** يتفاعل حمض البنزويك مع الكحول الإيثيلى مكونًا إستر بنزوات الإيثيل وماء.



حمض بنزويك — إستر بنزوات الإيثيل

ملحوظة

لا يصلح استخدام حمض الكبريتيك المركز كمادة نازعة للماء فى تفاعل الأسترة بين حمض البنزويك مع الإيثانول.

لأنه يتفاعل مع حلقة بنزين الحمض بالاستبدال (تفاعل سلفنة).

....

....

اختبر نفسك بكتابة معادلة التفاعل

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

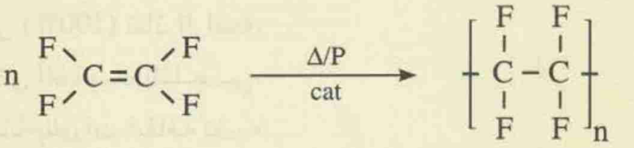
مخرج التعلم: التعرف على الخواص (الكيميائية) للأحماض الكربوكسيلية (الأروماتية).

العمليات التالية تستخدم فى تحويل (X) إلى (Y)، <u>عدا</u> ....

الاختيارات	(X)	(Y)	العملية
أ	C_2F_4	تفلون	بلمرة بالإضافة
ب	$C_{12}H_{22}O_{11}$	إيثانول	تخمر كحولى
ج	$H_2 + CO$	وقود سائل	فيشر - تروبش
د	C_6H_5COOH	بنزوات الصوديوم	أسترة

فكرة الحل :

∵ التفلون (بولى رباعى فلوروإيثين) ينتج من البلمرة بالإضافة لمونومر رباعى فلوروإيثين.



رباعى فلوروإيثين — بولى رباعى فلوروإيثين

∴ يستبعد الاختيار (أ)

∵ الإيثانول ينتج من التخمر الكحولى للسكروز $(C_{12}H_{22}O_{11})$.

$$\underset{\text{سكروز}}{C_{12}H_{22}O_{11(aq)}} + H2O_{(l)} \xrightarrow[H^+]{hydrolysis} \underset{\text{جلوكوز}}{C_6H_{12}O_{6(aq)}} + \underset{\text{فركتوز}}{C_6H_{12}O_{6(aq)}}$$

$$\underset{\text{جلوكوز}}{C_6H_{12}O_{6(aq)}} \xrightarrow[zymase\ enzyme]{yeast} \underset{\text{إيثانول}}{2C_2H_5OH_{(l)}} + 2CO_{2(g)}$$

∴ يستبعد الاختيار ⓑ

∵ الغاز المائى $(CO\ ,H_2)$ يمكن تحويله إلى وقود سائل بعملية فيشر-تروبش.

∴ يستبعد الاختيار ⓙ

∵ حمض البنزويك يتعادل مع القلويات القوية مثل NaOH مكونًا بنزوات الصوديوم وماء.

$$\underset{\text{حمض البنزويك}}{C_6H_5COOH_{(l)}} + NaOH_{(aq)} \longrightarrow \underset{\text{بنزوات الصوديوم}}{C_6H_5COONa_{(aq)}} + H_2O_{(l)}$$

∴ تفاعل الحصول على بنزوات الصوديوم من حمض البنزويك ليس من تفاعلات الأسترة.

الحـل : الاختيار الصحيح : ⓓ

الأحماض العضوية فى حياتنا

تتعـدد صـور الاسـتفادة من الأحماض العضويـة فى حياتنا، وسـوف نوضح فيما يلى الأهميـة الاقتصادية لبعض الأحماض الأليفاتية والأروماتية والأمينية.

١ حمض الفورميك HCOOH



صبغات

حمض الفورميك يفرزه النمل الأحمر طبيعيًا عند دفاعه عن نفسه.

الأهمية الاقتصادية لحمض الفورميك

يستخدم فى صناعة :

- الصبغات.
- العطور.
- العقاقير.
- المبيدات الحشرية.
- البلاستيك.

٢ حمض الأسيتيك CH_3COOH



بللورات حمض الخليك الثلجى

حمض الخليك النقى (100%) نفاذ الرائحة، ويسمـى بحمـض الخليـك الثلجـى، **لأنه** يتجمد على هيئة بللورات شفافة تشبه الثلج عند 16°C

الأهمية الاقتصادية لحمض الأسيتيك

- يستخدم حمض الأسيتيك كمادة أولية هامة فى تحضير الكثير من المركبات العضوية، مثل :
  - الحرير الصناعى.
  - الصبغات.
  - المبيدات الحشرية.
  - الإضافات الغذائية.



خيوط الحرير الصناعى (الريون)

- ويستخدم المحلول المخفف من حمض الأسيتيك (4%) فى المنازل فى صورة خل.

٣ حمض البنزويك C_6H_5COOH

- حمض البنزويك لا يمتص بالجسم، **لأنه** شحيح الذوبان فى الماء.
وحتى يسهل امتصاص حمض البنزويك بالجسم يتم تحويله إلى ملح صوديومى أو بوتاسيومى يذوب فى الماء.

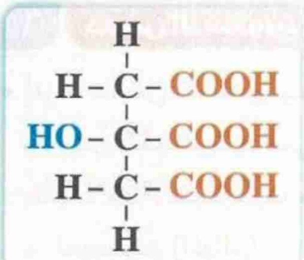


المربى والمخللات من الأغذية المحفوظة التى يستخدم فى صناعتها بنزوات الصوديوم

الأهمية الاقتصادية لأملاح حمض البنزويك

- تستخدم بنزوات الصوديوم (0.1%) كمادة حافظة للأغذية المحفوظة، **لأنها** تمنع نمو الفطريات عليها.

٤ حمض السيتريك



حمض السيتريك

- حمض السيتريك من الأحماض ثلاثية القاعدية التى توجد فى الموالح، مثل :
  - الليمون (بنسبة 7% : 5%).
  - البرتقال (بنسبة 1%).

الأهمية الاقتصادية لحمض السيتريك

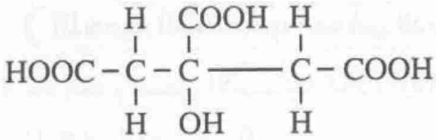
- يضاف حمض السيتريك إلى الفاكهة المجمدة ، **للحفاظ** على لونها وطعمها.
- يستخدم حمض السيتريك فى صناعة الأغذية المحفوظة، **لأنه** يقلل من قيمة pH لها فيمنع نمو البكتيريا عليها.



يضاف حمض السيتريك إلى الأغذية المحفوظة

أداء ذاتى

ما الاسم الشائع للمركب المقابل ؟



....

٥ حمض اللاكتيك



حمض اللاكتيك

- حمض اللاكتيك من الأحماض الهيدروكسيلية الأليفاتية.
- يُعرف حمض اللاكتيك باسم حمض اللبن، **لأنه** يوجد فى اللبن الزبادى بفعل الإنزيمات التى تفرزها بعض أنواع البكتيريا على سكر اللاكتوز (سكر اللبن).
- تزداد نسبة حمض اللاكتيك فى العضلات أثناء القيام بمجهود عضلى عنيف، ويؤدى تراكمه فى العضلات إلى حدوث تقلصات عضلية.



تراكم حمض اللاكتيك فى العضلات يسبب تقلصات عضلية

أداء ذاتى ما الاسم الكيميائى للسكر الموجود فى كل من :

(١) القصب ....

(٢) اللبن ....

٦ حمض الأسكوربيك



أغذية غنية بفيتامين C

- يُعرف حمض الأسكوربيك باسم فيتامين C وهو من الفيتامينات التى يحتاجها الجسم بكميات قليلة، يتم توفيرها من :
  - الحمضيات (الموالح).
  - الفاكهة.
  - الخضروات مثل الفلفل الأخضر.
- يتحلل حمض الأسكوربيك بالحرارة وفعل الهواء.

الأهمية الاقتصادية لحمض الأسكوربيك

- نقص حمض الأسكوربيك (فيتامين C) فى جسم الإنسان يؤدى إلى تدهور بعض الوظائف الحيوية والإصابة بمرض الأسقربوط والذى من أعراضه :
  - نزيف اللثة.
  - تورم المفاصل.



تورم المفاصل من أعراض مرض الأسقربوط

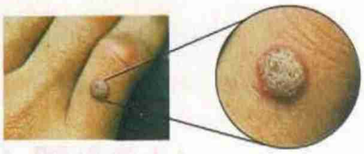
٧ حمض السلسليك


حمض السلسليك

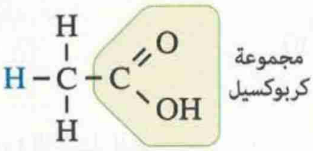
- حمض السلسليك من الأحماض الهيدروكسيلية الأروماتية.

الأهمية الاقتصادية لحمض السلسليك

- **يستخدم فى :**
  - القضاء على الثآليل الجلدية وحب الشباب.
  - تحضير مستحضرات التجميل الخاصة بالجلد، لإكساب الجلد النعومة وحمايته من أشعة الشمس.
  - تحضير العقاقير مثل : الأسبرين وزيت المروخ.

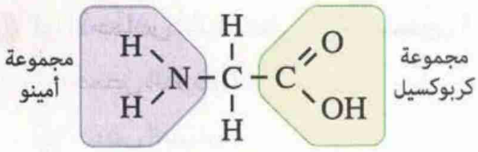

يستخدم حمض السلسليك فى القضاء على الثآليل الجلدية

٨ الأحماض الأمينية



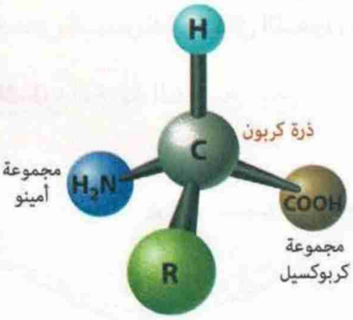
حمض الأسيتيك

- الأحماض الأمينية هى مشتقات أمينية للأحماض العضوية.
- أبسط أنواع الأحماض الأمينية هو الجلايسين NH_2CH_2COOH ويتكون نتيجة لإحلال مجموعة أمينو $(-NH_2)$ محل ذرة هيدروجين مجموعة الميثيل الموجودة فى جزىء حمض الأسيتيك.



الجلايسين

- الأحماض الأمينية الموجودة فى الطبيعة متعددة ولكن يوجد منها 20 حمضًا فقط فى البروتينات الطبيعية.
- الأحماض الأمينية الموجودة فى البروتينات تتميز جميعها بأنها من نوع الألفا أمينو وهى الأحماض التى تتصل فيها مجموعة الأمينو بذرة الكربون ألفا (α)، وهى التى تلى مجموعة الكربوكسيل مباشرةً.



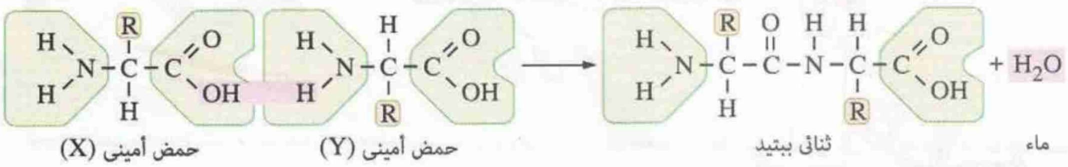
نموذج حمض ألفا أمينو

الأهمية الاقتصادية للأحماض الأمينية

- تعمل كمونومرات فى تحضير البروتينات الطبيعية.

للإيضاح فقط

- تتكاثف الأحماض الأمينية عن طريق مجموعتى الكربوكسيل والأمينو مكونة البروتينات.



أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: التعرف على الاهمية الاقتصادية للأحماض الكربوكسيلية.

١ ما اسم الحمض العضوى الذى يُستخدم ملحه الصوديومى كمادة حافظة فى صناعة المخللات ؟

ⓐ حمض البنزويك.
ⓑ حمض الأسيتيك.
ⓙ حمض اللاكتيك.
ⓓ حمض الأسكوربيك.

فكرة الحل :

تستخدم بنزوات الصوديوم (0.1%) كمادة حافظة للأغذية المحفوظة، وهو يُحضر من تفاعل حمض البنزويك مع محلول هيدروكسيد الصوديوم.

$$\underset{\text{حمض البنزويك}}{C_6H_5COOH_{(s)}} + NaOH_{(aq)} \longrightarrow \underset{\text{بنزوات الصوديوم}}{C_6H_5COONa_{(aq)}} + H_2O_{(l)}$$

الحل : الاختيار الصحيح : ⓐ

---

٢ أى الأحماض الآتية يعطى مذاق الليمون ؟

ⓐ حمض الطرطريك.
ⓑ حمض الأكساليك.
ⓙ حمض السيتريك.
ⓓ حمض الهيدروكلوريك.

فكرة الحل :

حمض السيتريك يوجد فى الليمون بنسبة تتراوح ما بين (7% : 5%).

الحل : الاختيار الصحيح : ⓙ



الإسترات

- تنتشـــر الإســـترات بكثرة فى الطبيعة فهى توجد فى كل من المواد النباتية والحيوانية.
- تستخدم الإسترات بمفردها أو ممزوجة بمركبات طبيعية فى صناعة العطور والنكهات المختلفة.



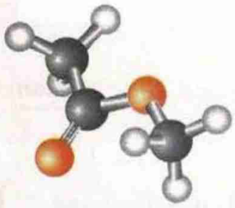
تستخدم الإسترات فى صناعة معطرات الجو

- **الإسترات هى** مركبات عضوية تنتج من تفاعل الأحماض الكربوكسيلية مع الكحولات، **كما يتضح من المعادلة التالية :**

$$\underset{\text{حمض كربوكسيلى}}{R-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-OH} + \underset{\text{كحول}}{H-O-R} \rightleftharpoons \underset{\text{إستر}}{R-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-O-R} + H_2O$$

- **المجموعة الوظيفية للإسترات هى :**

$$\underset{\text{مجموعة الإستر}}{-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-O-} \qquad (-COO-)$$



إستر

- **الصيغة العامة للإسترات هى :** $R-COO-R$

«مجموعتى R قد تكونا **ألكيل أو أريل**، وقد تكونا **متشابهتين أو مختلفتين** وقد تستبدل مجموعة R البادئة للإستر **بذرة هيدروچين**».

أداء ذاتى

ارسم **الصيغة البنائية** للإستر الذى يحتوى على ذرتى كربون فقط.

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: رسم متشكلات مختلفة للصيغة الجزيئية الواحدة.

١ ما عدد أيزومرات الإسترات التى صيغتها الجزيئية $C_4H_8O_2$ ؟

Ⓐ 2 Ⓑ 3

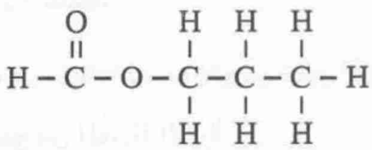
Ⓒ 4 Ⓓ 5

(أ) 2 (ب) 3 (ج) 4 (د) 5

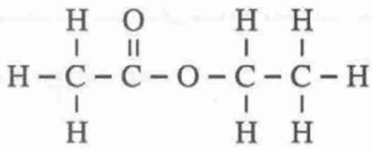
فكرة الحل :

أيزومرات الإسترات التى صيغتها الجزيئية $C_4H_8O_2$ يوضحها الجدول التالى :

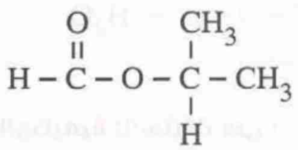
(1)



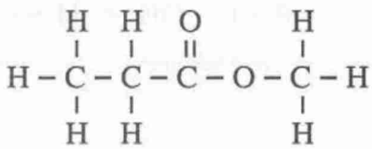
(2)



(3)



(4)



الحل : الاختيار الصحيح : (ج)

٢ أى مما يأتى يعبر عن الإسترات التى لها الصيغة الجزيئية $C_5H_{10}O_2$ ؟

الاختيارات	بروبانوات الإيثيل	إيثانوات البروبيل	ميثانوات البيوتيل	بيوتانوات الميثيل
(أ)	✓	✓	✓	✓
(ب)	✓	✓	✓	✗
(ج)	✓	✓	✗	✗
(د)	✗	✗	✓	✓

فكرة الحل :

الجدول الآتى يوضح الصيغ البنائية والصيغ الجزيئية للإسترات الموضحة للمركبات الأربعة :

المركب	بروبانوات الإيثيل	إيثانوات البروبيل	ميثانوات البيوتيل	بيوتانوات الميثيل
الصيغة البنائية	$C_2H_5COOC_2H_5$	$CH_3COOC_3H_7$	$HCOOC_4H_9$	$C_3H_7COOCH_3$
الصيغة الجزيئية	$C_5H_{10}O_2$	$C_5H_{10}O_2$	$C_5H_{10}O_2$	$C_5H_{10}O_2$

ومنه يتضح أن المركبات الأربعة لها نفس الصيغة الجزيئية.

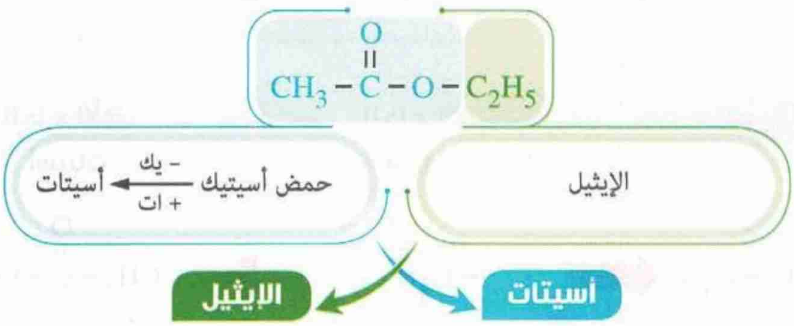
الحل : الاختيار الصحيح : (أ)

التسمية الشائعة للإسترات

يتكون الاسم الشائع للإستر من جزئين، هما :



تطبيق



مثال ١

اكتب أسماء الأحماض والكحولات المشتقة منها الإسترات الآتية، مع كتابة الاسم الشائع لكل منها :

(١) $H-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-CH_3$ (٢) $CH_3-(CH_2)_2-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-C_2H_5$

الحل

	الحمض	+ الكحول	← الإستر
١	حمض فورميك	كحول ميثيلى	فورمات الميثيل
٢	حمض بيوتيريك	كحول إيثيلى	بيوتيرات الإيثيل

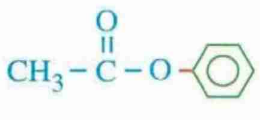
مثال ٢

ارسم الصيغة البنائية للإسترات التالية :

(١) أسيتات الفينيل. (٢) أسيتات البيوتيل.

فكرة الحل | الحل

(١)

الجزء الأول	الجزء الثانى	الصيغة البنائية
أسيتات مشتق من حمض الأسيتيك CH_3COOH بعد نزع $(-H)$ من مجموعة $(-COOH)$	**الفينيل** مشتق من البنزين C_6H_6 بعد نزع ذرة الهيدروچين $(-H)$	
$CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-$ +	 →	

(٢)

الجزء الأول	الجزء الثانى	الصيغة البنائية
أسيتات	**البيوتيل**	
$CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-$ +	$-C_4H_9$ →	$CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-C_4H_9$

تسمية الأيوباك للإسترات

اسم الإستر حسب نظام الأيوباك يتكون من جزئين، هما :

$$R-\overset{\overset{\Large O}{||}}{C}-O-R$$

الجزء الثانى (يشتق من اسم الكحول)	الجزء الأول (يشتق من اسم الحمض)
وهو اسم مجموعة الألكيل المتصلة بذرة الأكسچين فى جزىء الكحول	يشتق من اسم الأيوباك للحمض المقابل مع استبدال المقطع (- يك) بالمقطع (- ات) وحذف كلمة حمض

الجزء الأول **ألكانوات** — **الألكيل** الجزء الثانى

اسم الإستر

تطبيق

$$CH_3-\overset{\overset{\Large O}{||}}{C}-O-C_2H_5$$

الإيثيل	حمض إيثانويك $\xrightarrow[\text{+ ات}]{\text{- يك}}$ إيثانوات

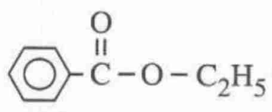
إيثانوات **الإيثيل**

مثال ١

اكتب أسماء الأحماض والكحولات المشتق منها الإسترات الآتية، مع كتابة اسم كلًا منها تبعًا لنظام الأيوباك :

١) $H-COOCH_2CH_3$

٢) $C_2H_5-\overset{\overset{O}{||}}{C}-O-CH_3$

٣) 

٤) $CH_3-CH_2-CH_2-\overset{\overset{O}{||}}{C}-O-C_2H_5$

الحل

	الحمض	الكحول	الإستر
١	حمض ميثانويك	إيثانول	ميثانوات الإيثيل
٢	حمض بروبانويك	ميثانول	بروبانوات الميثيل
٣	حمض بنزويك	إيثانول	بنزوات الإيثيل
٤	حمض بيوتانويك	إيثانول	بيوتانوات الإيثيل

مثال ٢

ارسم الصيغة البنائية للإسترات التالية :

(١) إيثانوات البيوتيل. (٢) بنتانوات الميثيل. (٣) ميثانوات الهبتيل.

فكرة الحل / الحل

(١)

الجزء الأول	الجزء الثانى	الصيغة البنائية
إيثانوات مشتق من حمض الإيثانويك CH_3COOH بعد نزع (H−) من مجموعة (COOH−) $CH_3-\overset{O}{\overset{\parallel}{C}}-O-$	**البيوتيل** مشتق من البيوتانول C_4H_9-OH بعد نزع مجموعة (OH−) $-C_4H_9$	$CH_3-\overset{O}{\overset{\parallel}{C}}-O-C_4H_9$

(٢)

الجزء الأول	الجزء الثانى	الصيغة البنائية
بنتانوات $C_4H_9-\overset{O}{\overset{\parallel}{C}}-O-$	**الميثيل** $-CH_3$	$C_4H_9-\overset{O}{\overset{\parallel}{C}}-O-CH_3$

(٣)

الجزء الأول	الجزء الثانى	الصيغة البنائية
ميثانوات $H-\overset{O}{\overset{\parallel}{C}}-O-$	**الهبتيل** $-C_7H_{15}$	$H-\overset{O}{\overset{\parallel}{C}}-O-C_7H_{15}$

مثال ٣

ارسم الصيغة البنائية لأربعة أيزومرات من الإسترات لها الصيغة الجزيئية $C_6H_{12}O_2$، مع كتابة تسمية الأيوباك لكل منها.

الحل

	(١)	(٢)	(٣)	(٤)
الصيغة البنائية	$H-\overset{O}{\overset{\Vert}{C}}-O-C_5H_{11}$	$CH_3-\overset{O}{\overset{\Vert}{C}}-O-C_4H_9$	$C_2H_5-\overset{O}{\overset{\Vert}{C}}-O-C_3H_7$	$C_4H_9-\overset{O}{\overset{\Vert}{C}}-O-CH_3$
تسمية الأيوباك	ميثانوات البنتيل	إيثانوات البيوتيل	بروبانوات البروبيل	بنتانوات الميثيل

أداء ذاتى

اذكر أسماء الإسترات التى تكون أيزومرات للمركبات الآتية :

(١) بنزوات الميثيل. (٢) حمض الإيثانويك.

....

....

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: تسمية الإسترات.

ما اسم المركب العضوى الناتج من تفاعل مركب CH_3COOH مع مركب CH_3CH_2OH ؟

Ⓐ إيثانوات الإيثيل. Ⓑ ميثانوات الإيثيل.

Ⓒ إيثانوات الميثيل. Ⓓ بروبانوات الميثيل.

فكرة الحل :

∵ CH_3COOH حمض عضوى، CH_3CH_2OH كحول.

∴ المركب العضوى الناتج من تفاعلهما يكون إستر.

∵ الجزء الأول من اسم الإستر يشتق من اسم الحمض وذلك باستبدال المقطع (- يك) بالمقطع (- ات) مع حذف كلمة حمض.

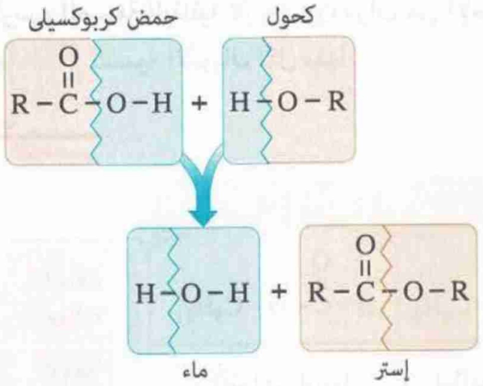
∴ الجزء الأول من اسم الإستر : إيثانوات.

∵ الجزء الثانى من اسم الإستر يشتق من اسم الكحول وهو اسم مجموعة الألكيل المتصلة بذرة الأكسجين فى جزىء الكحول (CH_3CH_2-).

∴ الجزء الثانى من اسم الإستر : الإيثيل.

الحل : الاختيار الصحيح : Ⓐ

تحضير الإسترات صناعيًا



- تُحضر **الإسترات** بتفاعل **الأحماض الكربوكسيلية** مع **الكحولات** والتى تمثل بالمعادلة العامة المقابلة :
- **وتستخدم فى تفاعلات الأسترة مادة نازعة للماء، مثل :**
  - حمض الكبريتيك المركز.
  - غاز كلوريد الهيدروچين الجاف.

للتخلص من الماء الناتج وبالتالى منع التفاعل العكسى وزيادة معدل التفاعل الطردى (اتجاه تكوين الإستر) تبعًا لقاعدة لوشاتيليه.

تطبيق تحضير إستر أسيتات الإيثيل.

$$CH_3COOH_{(l)} + C_2H_5OH_{(l)} \xrightarrow[H_2SO_4]{conc} CH_3COOC_2H_{5(aq)} + H_2O_{(l)}$$

حمض أسيتيك — إيثانول — إستر أسيتات إيثيل — ماء

الخواص العامة للإسترات

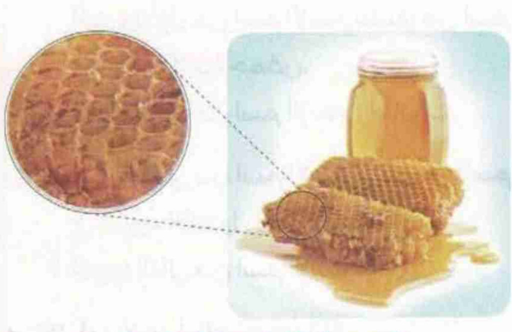
تتناول الخواص العامة للإسترات كل من :



أولًا الخواص الفيزيائية للإسترات

1. **الحالة الفيزيائية :** الإسترات معظمها سوائل.
2. **الرائحة :** تتميز معظم الإسترات بروائح زكية وهى التى تمد الفواكه والأزهار والزيوت العطرية برائحتها والنكهة الخاصة بها.

- الارتفاع التدريجى فى الكتلة المولية للأحماض الكربوكسيلية والكحولات المستخدمة فى تكوين الإستر يغير طبيعة الإستر من سائل ذو رائحة زكية إلى مواد صلبة شمعية عديمة الرائحة تقريبًا.
- الشموع التى يمثلها **شمع النحل** ما هى إلا إسترات ذات كتلة مولية مرتفعة.



شمع عسل النحل عبارة عن إستر

٣ درجة الغليان :

درجة غليان الإسترات أقل بكثير من درجة غليان الأحماض الكربوكسيلية أو الكحولات المساوية لها فى الكتلة المولية، وذلك لعدم احتوائها على مجموعة الهيدروكسيل القطبية الموجودة فى كل من الأحماض الكربوكسيلية والكحولات والتى تسبب ارتباط جزيئاتها معًا بروابط هيدروجينية.

المركب	الصيغة الكيميائية	الكتلة المولية (g/mol)	درجة الغليان
حمض الإيثانويك	CH_3COOH	60	118°C
البروبانول	C_3H_7OH	60	97.8°C
فورمات الميثيل	$HCOOCH_3$	60	31.8°C
حمض البروبانويك	C_2H_5COOH	74	141°C
البيوتانول	C_4H_9OH	74	118°C
أسيتات الميثيل	CH_3COOCH_3	74	57°C

ثانيا الخواص الكيميائية للإسترات

- تُعد **الإسترات مركبات** متعادلة بالرغم من اشتقاقها من الأحماض الكربوكسيلية والكحولات (التى لها صفة حامضية).
- **يوضح المخطط الآتى أهم تفاعلات الإسترات :**



١ التحلل المائى للإسترات

- ينتج من التحلل المائى للإستر حمض عضوى و كحول.

$$\underset{\text{إستر}}{R-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-OR} + H_2O \longrightarrow \underset{\text{حمض عضوى}}{R-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-OH} + \underset{\text{كحول}}{ROH}$$

- ويعتبر هذا التفاعل عكس **تفاعل الأسترة**، وقد يتم **التحلل المائى** للإسترات فى :

(أ) وسط حامضى

(ب) وسط قاعدى

(أ) التحلل المائى للإسترات فى وسط حامضى (H^+)

- تتحلل الإسترات مائيًا فى وجود وسط حامضى (H^+) **مكونة حمض عضوى و كحول**.

تطبيق التحلل المائى فى وسط حامضى لأسيتات الإيثيل.

$$CH_3COOC_2H_{5(l)} + H_2O_{(l)} \xrightarrow{H^+} CH_3COOH_{(aq)} + C_2H_5OH_{(l)}$$

إستر أسيتات الإيثيل — حمض الأسيتيك — كحول إيثيلى

(ب) التحلل المائى للإسترات فى وسط قاعدى

- تتحلل الإسترات مائيًا بالتسخين فى وجود وسط قلوى مثل هيدروكسيد الصوديوم NaOH **مكونة ملح الحمض العضوى و كحول**.

تطبيق ١ التحلل المائى فى وسط قاعدى لأسيتات الإيثيل.

$$CH_3COOC_2H_{5(l)} + NaOH_{(aq)} \xrightarrow{\Delta} CH_3COONa_{(aq)} + C_2H_5OH_{(l)}$$

أسيتات إيثيل — أسيتات صوديوم — إيثانول

تطبيق ٢ التحلل المائى فى وسط قاعدى لبنزوات الإيثيل.

$$C_6H_5COOC_2H_{5(l)} + NaOH_{(aq)} \xrightarrow{\Delta} C_6H_5COONa_{(aq)} + C_2H_5OH_{(l)}$$

بنزوات إيثيل — بنزوات صوديوم — إيثانول

أداء ذاتى

وضح بالمعادلات الرمزية كيفية الحصول على الميثان من أسيتات الإيثيل.

....

....

....

....

٢ التحلل النشادرى للإسترات

◄ هو تفاعل الإسترات مع الأمونيا لتكوين أميد الحمض الكربوكسيلى و الكحول.

• **تطبيق ١** التحلل النشادرى لأسيتات الإيثيل.

$$CH_3COOC_2H_{5(l)} + NH_{3(g)} \longrightarrow CH_3CONH_{2(l)} + C_2H_5OH_{(l)}$$

أسيتات إيثيل — أسيتاميد — إيثانول

• **تطبيق ٢** التحلل النشادرى لبنزوات الإيثيل.

$$C_6H_5COOC_2H_{5(l)} + NH_{3(g)} \longrightarrow C_6H_5CONH_{2(l)} + C_2H_5OH_{(l)}$$

بنزوات إيثيل — بنزاميد — إيثانول

أداء ذاتى وضح بالمعادلات الرمزية :

(١) كيفية الحصول على أميد حمض عضوى من حمض أروماتى.

....

(٢) تفاعل التحلل النشادرى لأيزومر حمض الإيثانويك.

....

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: التعرف على أنواع التفاعلات العضوية المختلفة (تفاعلات الإسترات).

أى المركبات الآتية يعطى حمض الإيثانويك عند تحلله مائيًا فى وسط حامضى ؟

Ⓐ CH_3COCH_3 Ⓑ $CH_3COOC_2H_5$

Ⓒ $C_6H_5COOCH_3$ Ⓓ $C_2H_5COOCH_3$

◄ **فكرة الحل :**

∵ الإسترات (وليس الكيتونات) تتحلل مائيًا فى وسط حامضى مكونة حمض عضوى وكحول.

∴ يستبعد الاختيار Ⓐ

∵ التحلل المائى فى وسط حامضى للمركب $CH_3COOC_2H_5$ يُعبر عنه بالمعادلة التالية :

$$CH_3COOC_2H_{5(l)} + H_2O_{(l)} \xrightarrow{H^+} CH_3COOH_{(aq)} + C_2H_5OH_{(l)}$$

إيثانوات الإيثيل — حمض الإيثانويك — الإيثانول

∴ التحلل المائى لإيثانوات الإيثيل فى الوسط الحامضى ينتج حمض الإيثانويك وكحول إيثيلى.

◄ **الحـل :** الاختيار الصحيح : Ⓑ

الإسترات فى حياتنا

تتعدد صور الاستخدامات الحياتية للإسترات، كما يتضح من المخطط التالى :

الإسترات فى حياتنا

- ١ كمكسبات طعم و رائحة
- ٢ كدهون و زيوت
- ٣ كبولى إسترات
- ٤ كعقاقير طبية
  - مثل
    - أ زيت المروخ
    - ب الأسبرين

١ الإسترات كمكسبات طعم ورائحة

- تتميز الإسترات بروائح زكية جعلت منها مواد هامة فى كثير من الصناعات الغذائية كمكسبات طعم ورائحة.

للاطلاع فقط

- **نوضح فيما يلى بعض الإسـترات شائعة الاستخدام و روائحها المميزة.**



$$H-\overset{\overset{\large O}{||}}{C}-O-C_3H_7$$

فورمات البروبيل

رائحة التفاح



$$H-\overset{\overset{\large O}{||}}{C}-O-CH_2-\overset{\overset{\large CH_3}{|}}{CH}-CH_3$$

فورمات الأيزوبيوتيل

رائحة الكريز



$$H-\overset{\overset{\large O}{||}}{C}-O-CH_2-C_6H_5$$

فورمات البنزيل

رائحة المشمش



$$CH_3-\overset{\overset{\large O}{||}}{C}-O-C_3H_7$$

أسيتات البروبيل

رائحة الكمثرى



$$CH_3-\overset{\overset{\large O}{||}}{C}-O-C_5H_{11}$$

أسيتات البنتيل

رائحة الموز

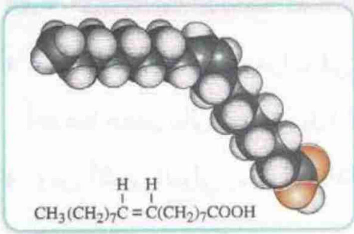


$$C_3H_7-\overset{\overset{\large O}{||}}{C}-O-CH_3$$

بيوتانوات الميثيل

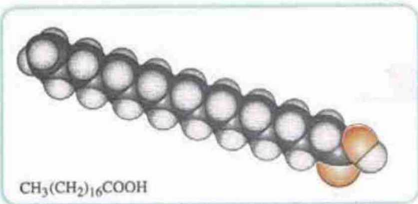
رائحة الأناناس

٢ الإسترات كدهون وزيوت



جزىء حمض دهنى غير مشبع
(للإيضاح فقط)

- **الأحماض الدهنية** هى أحماض أليفاتية أحادية الكربوكسيل (مشبعة فى الدهون وغير مشبعة فى الزيوت) تتفاعل مع الجليسرول مكونة إسترات.
- الأحماض العضوية المكونة للدهون والزيوت تكون أحيانًا من نوع واحد، إلا إنهـا غالبًـا تكون مختلفة، بمعنى أن السلسـلة الكربونيـة المكونة لها **قد تكون :**
  - قصيرة أو طويلة.
  - مشبعة أو غير مشبعة.



جزىء حمض دهنى مشبع
(للإيضاح فقط)

- **فى ضوء ما سبق يمكن تعريف الدهون والزيوت،**
بأنها إسترات ناتجة عن تفاعل الجليسرول مع الأحماض الدهنية وتُعرف جزيئاتها بإستر ثلاثى جليسريد.

- تُسمى جزيئات الدهون و الزيوت **بثلاثى جليسريد،**
لأن كل جـزىء منها يتكون من تفاعل 1 جزىء من الجليسرول مع 3 جزيئات من الأحماض الدهنية.



ثلاثى جليسريد

- **والتى يُعبر عنها بالمعادلة التالية :**

$$\begin{array}{l} CH_2-OH \\ | \\ CH\ \ -OH \\ | \\ CH_2-OH \end{array} + \begin{array}{l} HO-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-R_1 \\ HO-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-R_2 \\ HO-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-R_3 \end{array} \longrightarrow \begin{array}{l} CH_2-O-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-R_1 \\ | \\ CH\ \ -O-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-R_2 \\ | \\ CH_2-O-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-R_3 \end{array} + 3H_2O$$

جليسرول — أحماض دهنية — إستر ثلاثى الجليسريد

التصبن

- تُعرف عملية التحلل المائى للدهون أو الزيوت فى وسط قلوى مثل هيدروكسيد البوتاسيوم KOH أو هيدروكسيـد الصوديـوم NaOH لتكوين صابون وجليسرول **بعملية التصبن،**
لأنها تُمثل الأساس الصناعى لتحضير كل من الصابون والجليسرول.

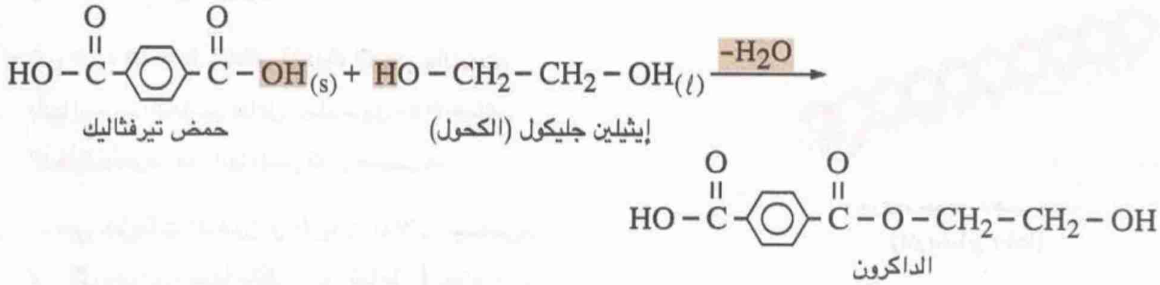
> **؟ ما الفرق بين الصابون و المنظف الصناعى ؟**
>
> **الصابون :** ملح صوديومى لأحماض دهنية عالية.
>
> **المنظف الصناعى :** ملح صوديومى لألكيل حمض بنزين السلفونيك.

٣ الإسترات كبوليمرات (البولى إسترات)

- تعمل الإسترات كمونومرات فى تحضير **البولى إسترات** وهى بوليمرات تنتج من عملية تكاثف مشتركة لمونومرين، أحدهما حمض ثنائى الكربوكسيل (القاعدية)، والآخر كحول ثنائى الهيدروكسيل.
- ومن أشهر البولى إسترات **الداكرون**.

تحضير الداكرون

- يُصنع بوليمر **الداكرون** من أسترة حمض التيرفثاليك مع الإيثيلين جليكول.



- **وتستمر عملية التكاثف عن طريق :**
  - مهاجمة مجموعة هيدروكسيل جزىء الكحول لطرف الجزىء من جهة مجموعة كربوكسيل الحمض.
  - مهاجمة مجموعة كربوكسيل جزىء الحمض لطرف الجزىء من جهة مجموعة هيدروكسيل الكحول.

وباستمرار عملية التكاثف يتكون جزىء طويل جدًا يسمى **بولى إستر** (بوليمر الداكرون).

استخدامات الداكرون

- **نظرًا للخمول الكيميائى لبوليمر الداكرون تصنع منه :**
  - أنابيب تستخدم كبدائل للشرايين التالفة.
  - صمامات القلب الصناعية.

٤ الإسترات كعقاقير طبية

- **تستخدم الإسترات كمادة فعالة فى صناعة الكثير من العقاقير، مثل :**

(أ) زيت المروخ

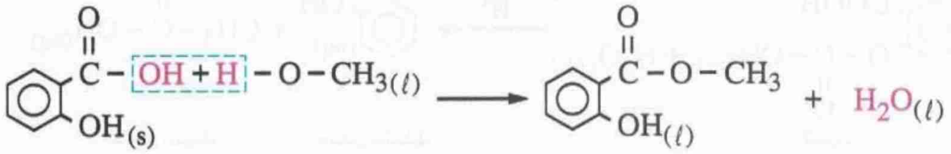
(ب) الأسبرين

- **ويستخدم فى** تحضير هذين العقارين **حمض السلسليك** الذى يحتوى على مجموعتى الكربوكسيل والهيدروكسيل معًا.

أ زيت المروخ (سلسيلات ميثيل)

تحضير زيت المروخ

◄ يُحضر زيت المروخ بأسترة حمض السلسليك مع الميثانول.



حمض سلسليك — ميثانول — زيت المروخ (سلسيلات ميثيل)

استخدام زيت المروخ

◄ يستخدم زيت المروخ كدهان موضعى لتخفيف الآلام الروماتيزمية، حيث إنه يمتص عن طريق الجلد.

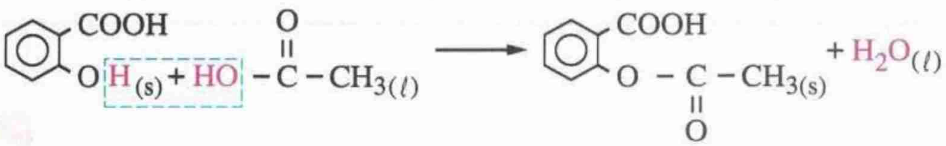


يستخدم زيت المروخ كدهان موضعى لتخفيف الآلام الروماتيزمية

ب الأسبرين (أسيتيل حمض السلسليك)

تحضير الأسبرين

◄ يُحضر الأسبرين بأسترة حمض السلسليك مع حمض الأسيتيك.



حمض سلسليك — حمض أسيتيك — الأسبرين (أسيتيل حمض سلسليك)

◄ وجود مجموعة الأسيتيل ($-CO-CH_3$) فى الأسبرين رغم أن المادة الفعالة فيه هى **حمض السلسليك، يجعل** الأسبرين عديم الطعم – تقريبًا – ويقلل من حموضته.

استخدام الأسبرين

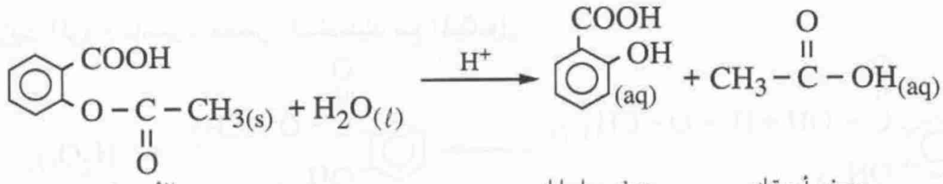
◄ **الأسبرين من أهم العقاقير التى تُستخدم فى :**

- تخفيف آلام الصداع.
- خفض درجة الحرارة.
- تقليل احتمالات حدوث الأزمات القلبية، **لأنه** يُقلل تجلط الدم (يزيد من سيولة الدم).



الأسبرين من الإسترات

- ينصح الأطباء بتفتيت حبة الأسبرين قبل بلعها أو أخذها مذابة فى الماء، **لأنه** يتحلل مائيًا فى الجسم مكونًا حمض السلسليك وحمض الأسيتيك، وهذه الأحماض تسبب تهيج لجدار المعدة وقد تسبب قرحة للمعدة.



الأسبرين — حمض سلسليك — حمض أسيتيك

- تُخلط بعض أنواع الأسبرين **بمادة قلوية** مثل هيدروكسيد الألومنيوم، **لمعادلة** حمضى السلسليك والأسيتيك الناتجين عن عملية التحلل المائى للأسبرين.

للاطلاع فقط

- الهنود الحمر أول من اكتشفوا أن للحاء شجرة الصفصاف القدرة على تخفيف الصداع، وقد تم استخلاص مادة حمض السلسليك من لحاء هذه الشجرة فيما بعد لاستخدامه فى صناعة الأسبرين.



شجرة صفصاف — لحاء شجرة الصفصاف — قطع لحاء شجرة الصفصاف

أداء ذاتى

(١) اذكر وجه تشابه و وجه اختلاف بين الداكرون و الأسبرين.

....

....

....

....

(٢) كيف تميز عمليًا بين الأسبرين و زيت المروخ ؟

....

....

....

....

أفكار حل أسئلة Open Book تقيس :

مخرج التعلم: التعرف على الأهمية الاقتصادية للإسترات.

١ كل مما يأتى من الجليسريدات، عدا ....

(أ) الزيوت.

(ب) الدهون.

(جـ) الصابون.

(د) الليبيدات.

فكرة الحل :

∵ الزيوت عبارة عن جليسريدات غير مشبعة، بينما الدهون عبارة عن جليسريدات مشبعة.

∴ يستبعد الاختيارين (أ) ، (ب)

∵ الصابون عبارة عن ملح صوديومى لأحماض دهنية عالية.

∴ الصابون ليس من الجليسريدات.

الحل : الاختيار الصحيح : (جـ)

٢ أى مما يأتى يعبر عن التصنيف الصحيح لكل من الصابون و الدهن و البروتين ؟

الاختيارات	الصابون	الدهن	البروتين
(أ)	ملح	أميد	إستر
(ب)	إستر	أميد	ملح
(جـ)	أميد	ملح	إستر
(د)	ملح	إستر	أميد

فكرة الحل :

∵ الصابون عبارة عن ملح صوديومى لأحماض دهنية عالية.

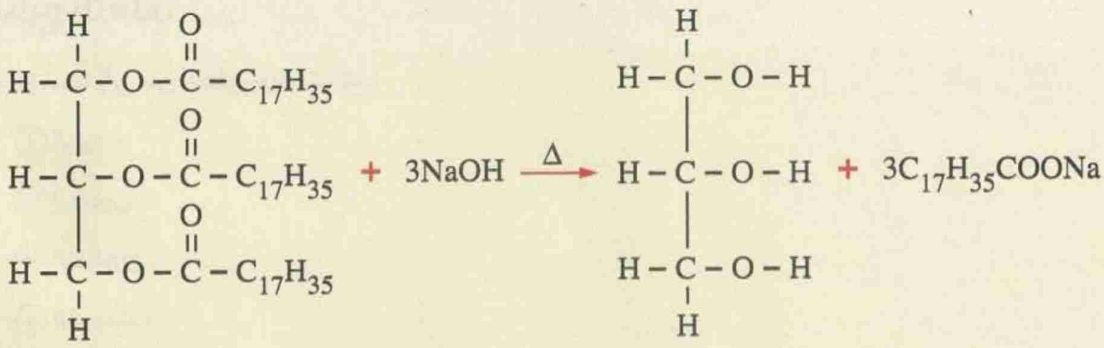
∴ يستبعد الاختيارين (ب) ، (جـ)

∵ الدهن عبارة عن إستر ثلاثى الجليسريد.

∴ يستبعد الاختيار (أ)

الحل : الاختيار الصحيح : (د)

٣ المعادلة الآتية تعبر عن أحد التفاعلات الهامة :



هذا التفاعل يعتبر مثالًا لتفاعلات ....

ⓐ التكاثف.

ⓑ الأسترة.

ⓒ التحلل المائى.

ⓓ الأكسدة.

فكرة الحل :

∵ الدهون تتحلل مائيًا فى وجود وسط قلوى مثل $NaOH_{(aq)}$ مكونة ملح الحمض العضوى وجليسرول.

∴ التفاعل يعتبر مثالًا لتفاعلات التحلل المائى.

الحل : الاختيار الصحيح : ⓒ

---

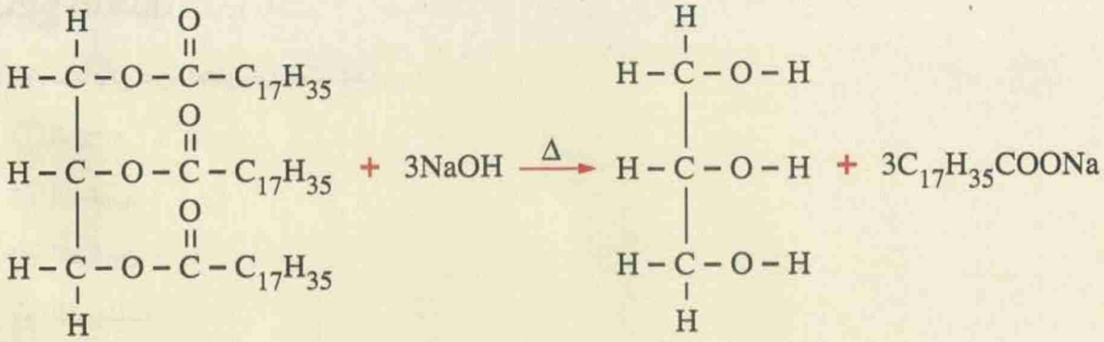
٤ ما زوج المونومرات التى تتفاعل معًا لتكوين بولى إستر ؟

ⓐ $C_2H_5NH_2$ ، CH_3COOH

ⓑ HOC_2H_4OH ، $HCOOH$

ⓒ $HOOCC_3H_6COOH$ ، $HOC_6H_{12}OH$

٣ المعادلة الآتية تعبر عن أحد التفاعلات الهامة :



هذا التفاعل يعتبر مثالًا لتفاعلات ....

Ⓐ التكاثف.

Ⓑ الأسترة.

Ⓒ التحلل المائى.

Ⓓ الأكسدة.

فكرة الحل :

∵ الدهون تتحلل مائيًا فى وجود وسط قلوى مثل $NaOH_{(aq)}$ مكونة ملح الحمض العضوى وجليسرول.

∴ التفاعل يعتبر مثالًا لتفاعلات التحلل المائى.

الحل : الاختيار الصحيح : ج

---

٤ ما زوج المونومرات التى تتفاعل معًا لتكوين بولى إستر ؟

Ⓐ $C_2H_5NH_2$ ، CH_3COOH

Ⓑ HOC_2H_4OH ، $HCOOH$

Ⓒ $HOOCC_3H_6COOH$ ، $HOC_6H_{12}OH$

Ⓓ HOC_3H_6OH ، $H_2NC_2H_4NH_2$

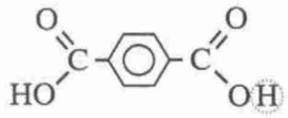
فكرة الحل :

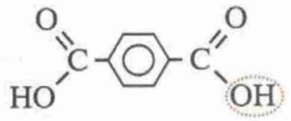
∵ البوليمر الناتج من نوع البولى إسترات.

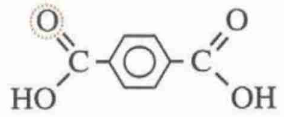
∴ عملية البلمرة بالتكاثف تحدث بين مونومرين أحدهما حمض ثنائى الكربوكسيل والآخر كحول ثنائى الهيدروكسيل.

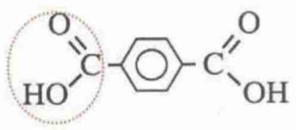
الحل : الاختيار الصحيح : ج

٥ تفاعل حمض التيرفثاليك مع الإيثيلين جليكول يكون مصحوبًا بتكوين المركب (X) وماء.
ما الذى ينفصل من حمض التيرفثاليك عند تكوين الماء فى هذا التفاعل ؟

أ


ب


ج


د


فكرة الحل :

عند تفاعل الأحماض العضوية (مثل حمض التيرفثاليك) مع الكحولات (مثل الإيثيلين جليكول) لتكوين الإسترات، تنفصل ذرة هيدروجين مجموعة الهيدروكسيل من جزىء الكحول ومجموعة الهيدروكسيل من جزىء الحمض لتكوين جزىء الماء.

الحل : الاختيار الصحيح : ب

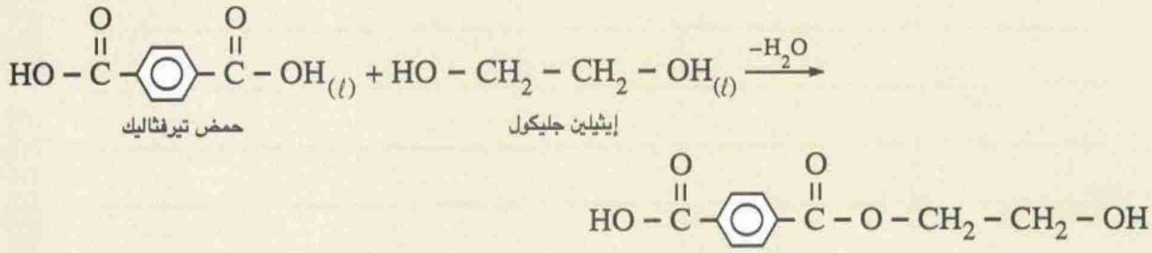
---

٦ كل مما يأتى من البوليمرات، عدا ....

أ الداكرون. ب الباكليت. ج شمع النحل. د النايلون.

فكرة الحل :

∵ الداكرون ينتج من بلمرة الإستر المكوّن من تفاعل حمض التيرفثاليك مع الإيثيلين جليكول.



∴ يستبعد الاختيار أ

∵ الباكليت ينتج من بلمرة الفورمالدهيد مع الفينول.

∴ يستبعد الاختيار ب

∵ شمع النحل عبارة عن إستر كتلته المولية كبيرة.

∴ شمع النحل ليس من البوليمرات.

الحل : الاختيار الصحيح : ج

مذکرات


هام
احرص على اقتناء
كتب
الامتحان
فى
بنك الأسئلة
والامتحانات التدريبية
للمراجعة النهائية
للصف 3 الثانوى
تصريح وزارة التربية والتعليم رقم ١٠٤ - ١٤ - ١ - ٥٦